



LACANDONIA

Revista de Ciencias de la UNICACH

Revista de Ciencias de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas,
año 4, vol. 4, núm. 2, diciembre de 2010, \$70.00 m.n.





Fotografía de portada: cascadas Polonahau (nueve cascadas), Tumbalá, Chiapas, Carlos R. Beutelspacher Baigts.



Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Directorio

ISSN: en trámite

Rector

Ing. Roberto Domínguez Castellanos

Secretario General

Mtro. José Francisco Nigenda Pérez

Abogado General

Lic. Adrián Velázquez Megchún

Director Académico

Dr. Amín Andrés Miceli Ruiz

Director de Investigación y Posgrado

Dr. Eduardo E. Espinosa Medinilla

Editor responsable

Dr. Carlos Rommel Beutelspacher Baigts

Comité Editorial

Biología: Dr. Miguel Ángel Pérez Ferrera

Historia: M. en C. Esaú Márquez Espinosa

Ingeniería ambiental: M. en C. Raúl González Herrera

Ingeniería topográfica: M. en C. José Armando Velasco Herrera

Nutrición: M. en C. Adriana Caballero Roque

Odontología: Dr. Paulo César Ramos Núñez

Psicología: Dra. Flor Marina Bermúdez Urbina

Colaboradores

Angelita López-Cruz, Trinidad Alemán Santillán, Miguel Ángel Pérez-Ferrera, Oscar Ferrera Sarmiento, Carlos R. Beutelspacher Iván Moreno-Molina, Fredi E. Penagos-García, Orlando Lam-Gordillo, Gustavo Rivera-Velázquez, Margarito Tapia García, Dolores López Hernández, Juan Antonio Hernández Shilón, Paola Belén Rodríguez Ballinas, Carolina Orantes García, Gabriela Palacios Pola, M.G. Cruz Coutiño, Federico Antonio Gutiérrez Miceli, Miguel Abud Archila., Rosa Márquez Montes, Leticia

Irene Altúzar Carpio, Guadalupe Villanueva Carrillo, Daisy Escobar Castillejos, Adriana Caballero Roque, Hugo A. Guillén Trujillo, Juan García Pérez, Carlos Manuel García Lara, Rubén Vázquez Sánchez, Víctor Miguel Sánchez Vázquez, Sergio López Mendoza, Raúl González Herrera, Osiris Astrid Toledo Cruz, Iván Velasco Aguilar, Pedro Vera Toledo, Rodolfo Palacios Silva, Hugo Alejandro Nájera Aguilar, J. Manuel Gómez Ramos, Rubén Gutiérrez Hernández, Ma. Neftalí Rojas Valencia.

Jefa del departamento de divulgación y difusión:

María de los Ángeles Vázquez Amancha

Jefe de oficina editorial: Noé Zenteno Ocampo

Diseño y formato: Víctor Miguel Sosa Aguilar

Corrección: Luciano Villarreal Rodas

Diseño de portada: Víctor Miguel Sosa Aguilar

Lacandonia es una publicación semestral de investigación científica de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, 1ª Av. Sur Poniente 1460, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Tels: 01 (961) 617 0400, Ext. 4040, 4047.

Fax: 01 (961) 602 5084.

Año 4, vol. 4, núm. 2.

Certificado de reserva de derechos al uso exclusivo de Lacandonia expedido por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: En trámite

correo electrónico: editorial@unicach.edu.mx

Volumen correspondiente al periodo junio-diciembre de 2010.

El contenido de los textos es responsabilidad de los autores.

Costo \$ 70.00 m.n.

Se terminó de imprimir en el mes de diciembre de 2010, con un tiraje de 1000 ejemplares, en los talleres de Desarrollo Gráfico Editorial, S.A. de C.V. de México, D.F. Teléfono: (55) 5-605-81-75.

Contenido



Artículos científicos

Inventario florístico y estructura de la vegetación en fragmentos de bosque del municipio de Acacoyagua, Chiapas, México

Angelita López-Cruz
Trinidad Alemán Santillán
Miguel Ángel Pérez-Farrera
Oscar Farrera Sarmiento

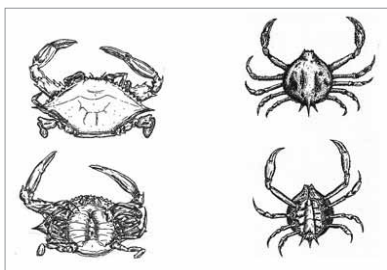
5



Primer registro de *Encyclia nematocaulon* (A. Rich.) Acuña (1939) (Orchidaceae, Laeliinae) para Chiapas, México

Carlos R. Beutelspacher
Iván Moreno-Molina

23



Crustáceos Decápodos de la Plataforma Continental en la Región Soconusco, Chiapas, México

Fredi E. Penagos-García
Orlando Lam-Gordillo
Gustavo Rivera-Velázquez
Margarito Tapia García

29

Artículos técnicos

Efecto de la escarificación mecánica e inmersión en agua caliente, sobre el letargo de semilla de guapinol (*Hymenaea courbaril* L., Fabaceae)

Dolores López Hernández
Juan Antonio Hernández Shilón
Paola Belén Rodríguez Ballinas
Carolina Orantes García
Eduardo Raymundo Garrido Ramírez

37

Deshidratación osmótica de frutos enteros de cupapé (*Cordia dodecandra* A.DC. Boraginaceae)

Gabriela Palacios Pola
Marlon Gerardo Cruz Coutiño
Rosa Márquez Montes
Fab. Gutiérrez Miceli
Abud Archila M.

43

Evaluación biológica de alimentos nutricionalmente mejorados en ratas wistar

Rosa Márquez Montes
Leticia Irene Altúzar Carpio
Guadalupe Villanueva Carrillo
Gabriela Palacios Pola

53

Gestión del agua en el Distrito de Riego No.101, Cuxtepeques, La Concordia, Chiapas, México

Daisy Escobar Castillejos
Adriana Caballero Roque
Hugo A. Guillén Trujillo

63

Desarrollo y caracterización de un destilador solar para su aprovechamiento en el tratamiento de agua contaminada

Juan García Pérez
Carlos Manuel García Lara
Hugo Nájera
Pedro Vera Toledo
Rubén Vázquez Sánchez

71

Reconstrucción del órgano dentario con tratamiento de conductos: postes

Paulo César Ramos Núñez
Jesús Octavio Moguel Aguilar
Arturo Mejía Gutiérrez
Alberto Ballinas Solís

79

Evaluación del flujo hídrico como componente de un estudio de factibilidad en un proyecto carretero

Víctor Miguel Sánchez Vázquez
Pedro Vera Toledo
Sergio López Mendoza
Rodolfo Palacios Silva

97

Construcción social de la vulnerabilidad por fenómenos naturales, caso: San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México

Raúl González Herrera
Osiris Astrid Toledo Cruz
Iván Velasco Aguilar
Pedro Vera Toledo
Rodolfo Palacios Silva

103



Manejo de biogas y lixiviados en rellenos sanitarios del Centro de México, un panorama general

Hugo Alejandro Nájera Aguilar
J. Manuel Gómez Ramos
Carlos García Lara
Rubén Gutiérrez Hernández
María Neftalí Rojas Valencia

117

La temporada de lluvias durante este verano de 2010, ha sido muy intensa en la República Mexicana, así como en otras partes del planeta. Se calcula que la precipitación de agosto y septiembre en Chiapas, fue equivalente a la cantidad de agua que ha caído en tres años consecutivos; debido a ello, se han ocasionado afectaciones muy severas en distintas partes del país como son los estados de Nuevo León, Oaxaca, Veracruz y por supuesto en Chiapas, dejando a muchas familias sin su patrimonio (casa, enseres domésticos, animales, ropa, etc, etc). También se han perdido grandes extensiones de cultivos y la mayoría de los caminos y carreteras han sufrido graves daños. Todo ello nos lleva a reflexionar sobre las causas de estos desastres naturales, apuntando al “cambio climático”, ocasionado directamente por la actividad del hombre, quien ha deforestado grandes superficies de selvas y bosques. De allí pues, que el agua –fuente de vida- también pueda ser causa de muerte, constituyéndose en un elemento al que hay que darle toda la atención que se merece.

En este número de *Lacandonia*, se incluyen varios artículos referentes al agua, además de los siguientes: “Inventario florístico y estructura de la vegetación en fragmentos de bosque del municipio de Acacoyagua, Chiapas, México”, “Primer registro de *Encyclia nematocaulon* (A. Rich.) Acuña (1939) (Orchidaceae, Laeliinae) para Chiapas, México”, “Crustáceos decápodos de la Plataforma Continental en la región Soconusco, Chiapas, México”, “Efecto de la escarificación mecánica e inmersión en agua caliente, sobre el letargo de semilla de guapinol (*Hymenaea courbaril* L., Fabaceae)

), “Deshidratación osmótica de frutos enteros de cupapé (*Cordia dodecandra* A.DC. Boraginaceae)”, “Evaluación biológica de alimentos nutricionalmente mejorados en ratas *wistar*”, “Gestión del agua en el Distrito de Riego No.101, Cuxtepeques, La Concordia, Chiapas, México”, “Desarrollo y caracterización de un destilador solar para su aprovechamiento en el tratamiento de agua contaminada”, “Reconstrucción del órgano dentario con tratamiento de conductos: postes”, “Evaluación del flujo hídrico como componente de un estudio de factibilidad en un proyecto carretero”, “Construcción social de la vulnerabilidad por fenómenos naturales, caso: San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México” y, finalmente un artículo acerca del “Manejo de biogas y lixiviados en rellenos sanitarios del centro de México, un panorama general”.

Carlos R. Beutelspacher Baigts
Editor



Inventario florístico y estructura de la vegetación en fragmentos de bosque del municipio de Acacoyagua, Chiapas, México

Angelita López-Cruz¹
 Trinidad Alemán Santillán²
 Miguel Ángel-Pérez Farrera³
 Oscar Farrera Sarmiento⁴

RESUMEN

Se evaluó la diversidad, a través del índice de Shannon (H') e índice de Simpson (D); equitatividad de Shannon (E); estructura física vertical; similitud, analizada con el coeficiente de Jaccard (CC) y con el índice de Morisita-Horn (C_{mH}); y el valor de importancia (VI) en tres fragmentos de Bosque Tropical Perennifolio de altitudes bajas en el municipio de Acacoyagua, Chiapas. Se registraron todos los individuos con un DAP ≥ 1.5 cm, los datos se obtuvieron a través del método de transectos y el método de Küchler. Dentro de los tres sitios se registraron 93 especies, que incluyen árboles y arbustos,

distribuidas en 79 géneros y 45 familias. Las familias Rubiaceae y Lauraceae se ubicaron como las más representativas. Los resultados de los parámetros ecológicos fueron $H'=2.344$, $H'=3.181$ y $H'=3.06$; $D=0.845$, $D=0.951$ y $D=0.949$; $E=0.770$, $E=0.888$ y $E=0.900$, para los sitios I, II y III, respectivamente. Los análisis de similitud indicaron que el sitio II y el III conservan mayor semejanza. Los fragmentos de bosque se dividieron en cuatro estratos: arbóreo, sotobosque, arbustivo y herbáceo. El presente estudio constituye solamente el inicio en el estudio ecológico de las comunidades vegetales de la región.

Palabras clave: Bosque Tropical Perennifolio, riqueza, diversidad, estructura vertical, similitud, Soconusco, Chiapas, México.

¹Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente s/n col. Lajas Maciel C.P. 29039. Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México. Tel. 01(961) 1792365. E-mail: lopezcrz_angel@yahoo.com.mx.

²Director de vinculación, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal. Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, Barrio María Auxiliadora C.P. 29290, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. Tel. 01(967) 1040419. E-mail: talemán@ecosur.mx.

³Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente s/n col. Lajas Maciel C.P. 29039. Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México. Tel. 01(961) 1210894. E-mail: perezfarreram@yahoo.com.mx.

⁴Calzada de los Hombres Ilustres S/N Prolongación 5ª. Norte Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Jefe de Departamento de Flora, SEMAVIHN; e-mail: flora@ihn.chiapas.gob.mx

ABSTRACT

The diversity of three tropical evergreen forest fragments (BTP) from low altitudes with minimal disturbance were evaluated through the Shannon index (H') and Simpson index (D); Shannon evenness (E); vertical physical structure; similarity, analyzed by the coefficient of Jaccard (CC) and the index Morisita-Horn (C_{mH}) and importance value (IV) species. There were all individuals with DBH ≥ 2.5 cm, data were obtained through the transect method and the method of Küchler. Within three sites were recorded 93 species, including trees and shrubs, distributed in 79 genera and 45 families. Rubiaceae and Lauraceae families ranked as the most representative. The results of

ecological parameters were $H' = 2344$, $H' = 3181$ and $H' = 3.06$, $D = 0.845$, $D = 0.951$ and $D = 0.949$, $E = 0.770$, $E = 0.888$ and $E = 0.900$ for sites I, II and III, respectively. The similarity analysis indicated that the site II and III remain more similar. Forest fragments were divided into four layers: tree, understory, shrubs and herbaceous. This study is only the beginning in the ecological study of plant communities in the region.

Key Words: Evergreen rain forest, riches, diversity, vertical structure, similarity, Soconusco, Chiapas, México.

INTRODUCCIÓN

En México, los bosques templados y las selvas perennifolias de las tierras bajas han sufrido las tasas de deforestación más altas (Gómez-Pompa, 1973). Desafortunadamente la destrucción de hábitats tropicales continua a una velocidad alarmante sin que los inventarios de flora hayan sido completados (Prance *et al.*, 2000). Las comunidades vegetales del Soconusco no son la excepción, quienes enfrentaron procesos acelerados de deforestación entre los años 1970 y 1990 (Ortiz-Espejel y Toledo, 1998). En décadas pasadas, esta región, vivió su mayor esplendor productivo gracias a las condiciones favorables de clima y suelo que generaban el ambiente ideal para el cultivo y mantenimiento de recursos biológicos con importancia económica en mercados del extranjero (Helbig, 1964). Sin embargo, al cabo de décadas de explotación intensiva de las tierras, la planicie costera prácticamente quedó deforestada (Arreola, 2004). Como resultado, la región enfrenta alteraciones del clima, principalmente en la reducción de los niveles de precipitación, y se halla sometida a procesos rápidos de erosión (Richter, 2000).

El municipio de Acacoyagua está ubicado al sureste de la región del Soconusco, su economía se basa, principalmente, en la agricultura y ganadería, como consecuencia, las comunidades vegetales de altitudes bajas, que pertenecieron al Bosque Tropical Subcadu-

cifolio (BTSC) y Bosque Tropical Perennifolio (BTP), han desaparecido o sólo se encuentran como pequeños fragmentos aislados y con alto grado de vulnerabilidad ante las actividades humanas. Gómez-Pompa (1973), realizó una sugerencia e invitación a la comunidad científica a aumentar el interés en el muestreo de los bosques de tierras bajas del país antes de la desaparición de la vegetación original como una secuela de los procesos inevitables de la deforestación. Actualmente, esta sugerencia ha sido expresada ampliamente por botánicos y ecólogos (Magaña y Villaseñor, 2002; Sosa y Dávila, 1994; Brooks *et al.*, 2002) que concuerdan en el hecho de que aún existen áreas con alto riesgo de desaparecer, que necesitan ser exploradas para generar o complementar información taxonómica y de parámetros ecológicos. El presente trabajo aporta información acerca de la diversidad, importancia ecológica de las especies (VI), similitud y estructura física vertical de fragmentos de BTP dentro de la región del Soconusco, Chiapas.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El municipio de Acacoyagua se ubica al sureste del estado de Chiapas, en la región socioeconómica denominada Soconusco. La superficie municipal está compuesta por terrenos accidentados que corresponden a la Sierra Madre de Chiapas y terrenos planos de la Llanura Costera del Pacífico (H. Ayuntamiento Municipal Constitucional, 1996). De acuerdo con la clasificación de Koeppen (1948) el clima predominante en esta región es del tipo Am (con corta temporada seca). La temperatura promedio es de 27 °C y una precipitación pluvial anual de 3,600 mm.

Sitios de muestreo

I) Los Andes de Zapata. El sitio de muestreo se halla a 15°23'07" latitud norte y 92°38'05" longitud oeste a 616 msnm (fig. 1). El clima es de tipo Am (cálido-húmedo con lluvias en verano), con una temperatura

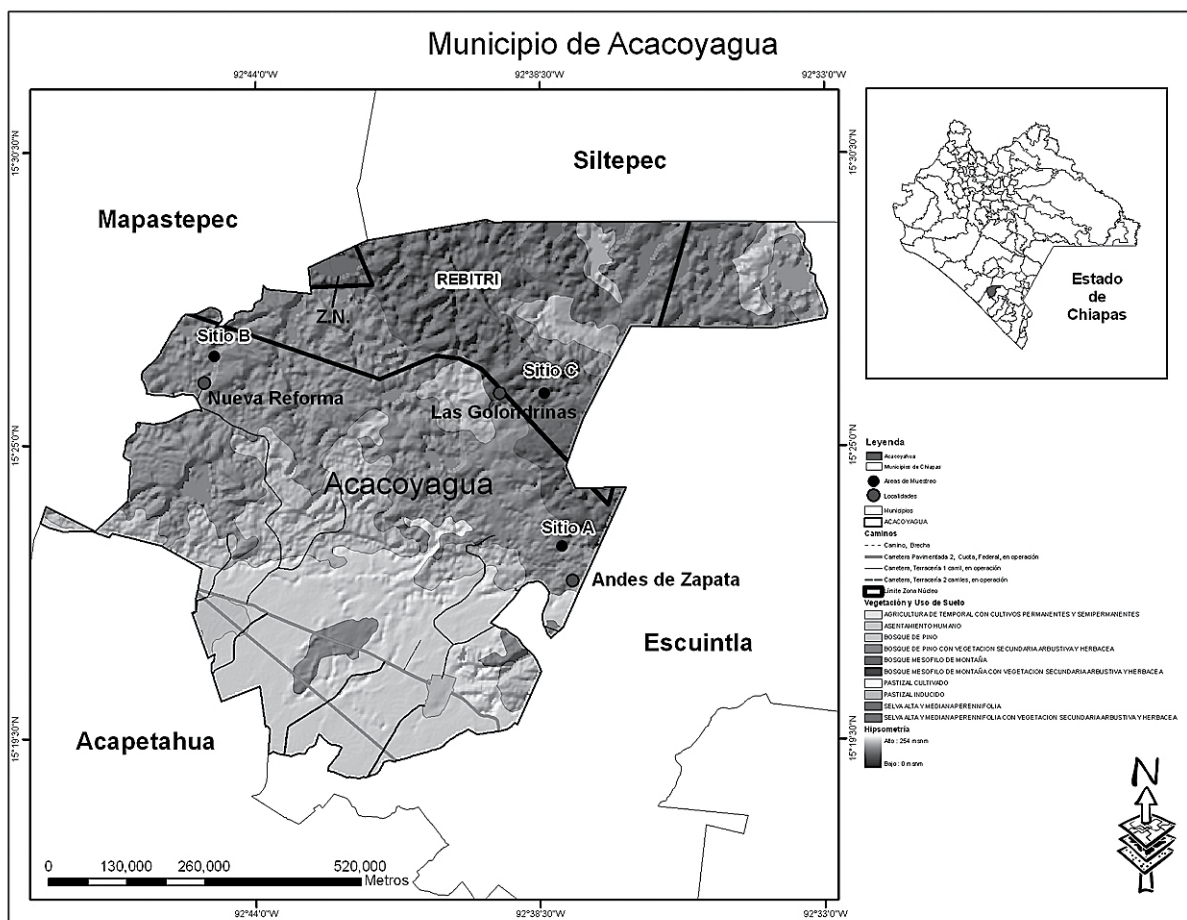


Figura 1 ■ Ubicación de los sitios de muestreo dentro del municipio. Sitio A, sitio B, y sitio C corresponden a sitio I, sitio II y sitio III, respectivamente.

media anual de 24.7 °C y una precipitación anual de 2635 mm (González-Espinosa *et al.*, 2005). De acuerdo con el INEGI (1985), el suelo es de tipo feozem háplico más regosol éutrico y litosol de textura media.

II) Nueva Reforma. El área de estudio se encuentra a 15°26'41" latitud norte y 92°44'48" longitud oeste a 580 msnm (fig. 1). El clima es de tipo Am (cálido-húmedo con lluvias en verano), la temperatura media anual es de 23.8 °C con una precipitación de aproximadamente 3000 mm (González-Espinosa *et al.*, 2005). El suelo que predomina es el cambisol éutrico, como

suelo secundario se halla el cambisol crómico y acrisol órtico de textura media (INEGI, 1985, fig. 1).

III) Las Golondrinas. La zona de muestreo se halla a 15°25'59" latitud norte y 92°38'25" longitud oeste a 1115 msnm (fig. 1). Presenta clima tipo Am (Cálido-húmedo con lluvias en verano); con una temperatura media anual de 23.8 °C y una precipitación de 3000 mm (González-Espinosa *et al.*, 2005). Está conformado por los tipos de suelo como el feozent háplico más regosol éutrico y litosol de textura media (INEGI, 1985). El origen geológico para los tres sitios

corresponde al Paleozoico y están conformados por roca ígnea intrusiva (granito) (INEGI, 1988)

Método

Fueron seleccionados tres sitios con mínima perturbación, ubicados desde 500 hasta 1200 msnm. Los límites altitudinales se establecieron para evitar diferencias significativas en la estructura y composición de las zonas de muestreo que pudieran dificultar la comparación y el análisis de datos. Por otro lado, los fragmentos de bosque ubicados entre este rango altitudinal son los más vulnerables a sufrir graves alteraciones, producto de prácticas agropecuarias realizadas por asentamientos humanos que se encuentran a corta distancia. Las zonas de muestreo se eligieron bajo el supuesto de que en algún tiempo fueron parte de una misma comunidad vegetal, restringiéndose, actualmente, a pequeños fragmentos de bosque.

La estructura biológica se determinó a través del método de transectos propuesto por Brower y Zar (1977), quienes lo denominan *line-intercept technique*. En cada uno de los sitios se trazaron transectos con una longitud de 50 m cada uno, la distancia entre un transecto y otro fue de 30 m. Durante el muestreo se incluyeron todos los árboles cuyas copas intersectaron los transectos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 2.5 cm. Para cada uno de los individuos se realizó un registro de su identidad taxonómica, altura total, diámetro a la altura del pecho (DAP) y forma biológica. Para cuantificar la diversidad de especies se utilizó el índice de Shannon (H') y el índice de Simpson (D). Para obtener las medidas de similitud se empleó el coeficiente de Jaccard (CCj) y el índice de Morisita-Horn. A partir de los datos del CCj se construyó un dendrograma con el método UPGMA en el programa MVSP 3.1. Se realizó la prueba de t de Hutcheson para las comparaciones entre pares de valores de H' (Magurran, 1988).

La caracterización y estructura física vertical de la vegetación se realizó utilizando el método de Kùchler (tomado de Granados y Tapia, 1990). Este método

fue diseñado para ecosistemas con climas templados, por ello, se realizaron algunas modificaciones que consistieron en establecer características de las hojas y tallos comunes de los trópicos.

RESULTADOS

Composición florística

Se registraron 336 ejemplares distribuidos en 96 especies, 82 géneros y 45 familias. De las cuales el 58.3 % corresponden a especies arbóreas, 35.4 % son arbustivas y 4.2 % pertenecen a especies arborescentes. Las familias más representativas fueron Rubiaceae y Lauraceae, con 10.4 % y 8.3 % del total. El género *Ocotea* fue el más abundante con cinco especies, mientras que el 90 % de los géneros incluyen solamente una especie. La distribución de especies por familias dentro de los sitios es baja, a cada familia le corresponde una o dos especies, a excepción del sitio II, en donde Lauraceae y Sapotaceae incluyen cuatro especies cada una.

En cuanto a las especies en riesgo, según la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001), se encontraron tres especies que se hallan bajo la categoría de amenazada: *Astronium graveolens* (Anacardiaceae), *Chamaedorea pinnatifrons* y *C. quezalteca* (Arecaceae). Por otra parte, la lista roja de la UICN (IUCN, 2010) incluye a *Guapira myrtiflora* (Nyctaginaceae) y *Persea liebmannii* (Lauraceae) como especies vulnerables y a *Aspidosperma megalocarpon* (Apocynaceae) y *Quercus skinneri* (Fagaceae) dentro de la categoría *Lower risk/Near threatened* (bajo riesgo/casi amenazada). *Desmopsis lanceolata* (Annonaceae), *Ocotea matudae* (Lauraceae) y *Zinowiewia matudae* (Celastraceae) son especies endémicas de la parte sur del estado de Chiapas.

Estructura física

Dentro de los tres sitios se observan cuatro estratos: a) Arbóreo, subdividido en zona de copas (11-12) y zona inferior de copas (20-26 m); b) Sotobosque (desde 5 hasta 11-12 m); c) Arbustivo (2 a 5-6 m), y d) Herbá-

ceo (individuos menores a 1.5 o dos metros). A pesar de que los tres sitios presentan la misma estructura, existen diferencias en la composición, abundancia y distribución de las especies dentro de las capas de vegetación, que en su conjunto, ofrecen una fisonomía distinta dentro de cada uno de los fragmentos. Esto depende principalmente de la altitud y la posición del bosque dentro del sistema montañoso, que puede ser de poca o mucha complejidad. La abundancia de las especies dentro del BTP, puede no ser una variable homogénea, pues es frecuente observar constantes cambios a distancias relativamente cortas. En algunas áreas, las capas de vegetación no son fáciles de definir, debido a la variación en la altura de los individuos.

Cercano al sitio II se halla un pequeño afluente que modifica la estructura del bosque, debido a la presencia del sustrato rocoso. En este punto los árboles de la zona de copas disminuyen, la mayor parte de las especies se ausentan para dar lugar a otras. El sotobosque está casi ausente. Dentro del estrato arbustivo tiende a aumentar la riqueza de especies y la abundancia en los árboles jóvenes con alturas menores a cuatro metros. Dentro del estrato herbáceo, las especies rupícolas reemplazan a las terrestres, y algunas de éstas aprovechan la humedad para su crecimiento y desarrollo.

Estrato arbóreo

Dentro de este estrato no existe dominancia, no obstante, siempre se observan especies con mayor frecuencia que otras. Las enredaderas pueden estar ausentes, encontrarse de forma esporádica o frecuente y es dentro de esta capa en donde muestran su máximo desarrollo foliar. Entre las especies más comunes están *Macfadyena unguis-catti* y *Mimosa hondurana*. Las epífitas son muy difíciles de observar debido a la altura, destacan especies de las familias Bromeliaceae y Orchidaceae, raras veces se encuentran individuos dentro del sotobosque o en el estrato arbustivo. Respecto a las especies parásitas, es posible encontrar especies de los géneros *Phoradendron*, *Struthanthus* y *Ficus*.

La zona de copas está constituida por especies como *Terminalia amazonia*, *Aspidosperma megalocarpon*, *A. spruceanum*¹, *Quercus skinneri*, *Garcinia intermedia*² y *Diospyros digyna*. Las especies observadas con mayor frecuencia dentro de la zona inferior de copas son *Guarea grandiflora*, *Quararibea funebris*, *Calophyllum brasiliense*, *Prunus lundelliana* y *Oreopanax geminatus*². En ocasiones la zona inferior de copas es más diversa que la zona de copas.

Sotobosque

Algunas veces, el sotobosque, así como el estrato arbustivo, es inconspicuo, aunque nunca está completamente ausente. Dentro de esta capa de vegetación se hallan individuos juveniles de especies arbóreas, grandes arbustos y árboles de bajas alturas. Éstos últimos conforman la mayor parte de los componentes, entre éstos se hallan *Brosimum alicastrum* (juvenil), *Oreopanax geminatus*, *Dendropanax arboreus*, *Croton guatemalensis*. Dentro del sotobosque, se observan creciendo enredaderas de la familia Araceae, como *Monstera acacoyaguensis*.

Estrato arbustivo

El estrato arbustivo incluye especies como *Piper pseudolindenii*, *Hirtella racemosa*, *Calliandra rodocephala*, *Rinorea guatemalensis*, *Faramea occidentalis*, *Desmopsis lanceolata*², *Ardisia compressa*², y *Deherainia matudae*. Las especies arborescentes se encuentran dentro de esta capa de vegetación. El género *Chamaedorea* es el principal componente dentro de los BTP de la región. *C. tepejilote* se observa en altitudes bajas y forma poblaciones de numerosos individuos. *C. quezalteca* está siempre representada por pocos individuos, sin embargo, su abundancia aumenta en terrenos con sustratos pedregosos. *C. pinnatifrons* no rebasa los dos metros

¹ Especies de bajas altitudes y de sistemas montañosos de poca complejidad topográfica.

² Especies de altitudes mayores a 1,000 msnm y de sistemas montañosos con mayor complejidad topográfica.

Sitios	Altitud	Riqueza	Abundancia	Índices de diversidad		Equitatividad Shannon
				Shannon	Simpson	
I	616	21	90	$H'=2.344$	$D=0.845$	$E=0.770$
II	580	36	121	$H'=3.181$	$D=0.951$	$E=0.888$
III	1115	30	66	$H'=3.06$	$D=0.949$	$E=0.900$

Tabla 1 ■ Riqueza, abundancia, diversidad y equitatividad.

de altura, en algunos fragmentos de altitudes mayores a 1,000 msnm suelen hallarse individuos menores a 1 m de alto. *Geonoma interrupta*, se encuentra creciendo de forma esporádica en algunos fragmentos de bosque. Las enredaderas son poco frecuentes o nulas, pueden hallarse algunos individuos aislados del género *Dioscorea* y especies de aráceas en crecimiento.

Estrato herbáceo. El estrato herbáceo es el de menor riqueza florística. En áreas de mayor incidencia de luz solar, *Bolbitis portoricensis* cubre completamente el suelo, dentro de estas zonas se encuentran también poblaciones de *Dieffenbachia oerstedii*. En las áreas de penumbra, el bosque está libre de especies herbáceas y solo se observan algunas plántulas de árboles y arbustos. Pequeñas poblaciones aisladas de especies del grupo Pteridophyta son comunes dentro de este estrato, además de algunas angiospermas entre ellas *Streptochaeta spicata*, *Ruellia stemonacanthoides*, *Aristolochia* sp., *Tradescantia zanonía* y *Crossopetalum parviflorum*².

Diversidad

La mayor diversidad de acuerdo al índice de Shannon (H') y Simpson (D) se encontró en el sitio II; mientras que el sitio I presenta el valor más bajo (tabla 1). En cuanto a la equitatividad de Shannon, el sitio III aventaja al sitio II por solamente 0.012. El sitio II obtuvo los valores más altos de diversidad, en especial para H' , principalmente a causa de la riqueza. Entre tanto, el sitio III obtuvo cifras similares al sitio II debido al número de especies aunado al peso de la equitatividad.

Pues aunque existe sólo una especie dominante, las abundancias a partir del segundo individuo muestran un orden descendente, contribuyendo en un aumento mínimo en el valor de E . Los resultados de la prueba t de Hutcheson fueron: I-II ($P = 5.7758$), II-III ($P = 0.9666$) y I-III ($P = 0.0343$), donde la $tc = 1.96$, indicando que no existen diferencias significativas entre sitios.

Similitud

En la tabla 2 se presentan los resultados de los análisis obtenidos con el coeficiente de Jaccard (CC_j) y el índice de Morisita-Horn (C_{mH}). Ambos muestran mayor similitud entre los sitios II y III. Aunque, el coeficiente de Jaccard indica que el sitio I tiene mayor afinidad con el sitio II que con el sitio III. Mientras que para el índice de Morisita-Horn, el sitio I conserva mayor similitud con el sitio III. La similitud de los sitios II y III se debe, en menos del 50 %, a la composición florística y el resto a la abundancia de las especies. En los sitios I y II, la similitud responde en más del 50 %

Similitud	Especies comunes	Coefficiente de Jaccard	Índice de Morisita-Horn
I-II	8	$CC_j=0.143$	$C_{mH}=0.106$
II-III	15	$CC_j=0.234$	$C_{mH}=0.525$
I-III	7	$CC_j=0.130$	$C_{mH}=0.116$

Tabla 2 ■ Riqueza, abundancia, diversidad y equitatividad.

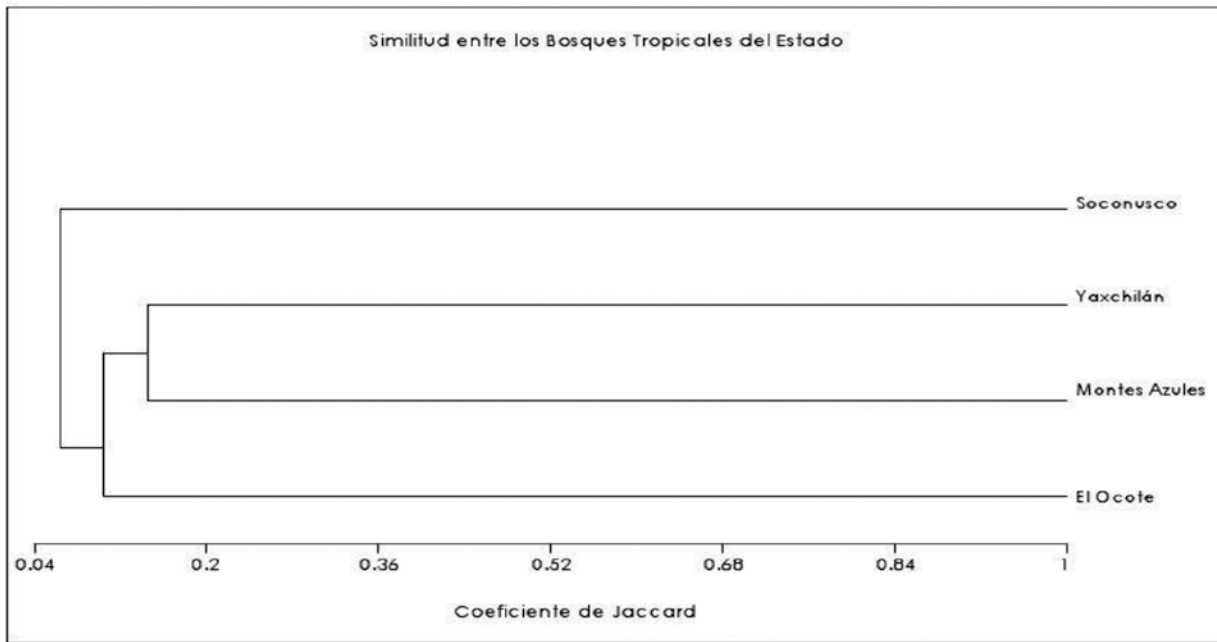


Figura 2 ■ | Coeficiente de Jaccard. Análisis a través del método UPGMA con base en la presencia-ausencia de especies entre las regiones fisiográficas del estado. Tomado de Meave *et al.* (2008), Castillo-Campos y Narave (en Vásquez y Ramos, 1992) y Ochoa-Gaona (en Vásquez y March, 1996).

al contenido de especies, conservando un porcentaje menor en la abundancia. Por último, los sitios I y III, son los de menor afinidad en cuanto a riqueza, pero su similitud aumenta cuando se evalúa el número de individuos.

Similitud entre las regiones fisiográficas del estado

En la figura 2 se muestra la similitud, a nivel de especie, de los componentes arbóreos de tres regiones fisiográficas del estado de Chiapas: Montañas del Norte (El Ocote), Montañas del Oriente (Montes Azules y Yaxchilán) y Sierra Madre (Soconusco). A través del dendrograma se observa la semejanza que existe entre los bosques de Yaxchilán y Montes Azules, así como la distancia entre éstos y El Ocote. Sin embargo, El Soconusco es el que conserva menor similitud con respecto a las otras regiones. De 100 especies contempladas, solamente la *Psychotria chiapensis*, se registró en

las cuatro regiones. De acuerdo con Toledo (1982) el Soconusco está considerado como uno de los refugios primarios del Pleistoceno por sus características de clima y topografía. En este sentido, no es de extrañar que exista poca afinidad entre ésta y el resto de las regiones. El relieve y sustrato también contribuye de manera importante en los resultados. Yaxchilán posee suelos planos y tiene como máxima elevación 340 msnm (Meave *et al.*, 2008), mientras que en El Ocote se registran altitudes de hasta 1500 msnm (García *et al.*, 1996). Sin embargo, la diferencia en los componentes florísticos de El Ocote se debe, principalmente, a los suelos calizos de origen kárstico.

Análisis estructural

Valor de importancia (VI). En la tabla 3 se encuentran las especies arbóreas con los IV más altos dentro de cada uno de los sitios. *Micropholis melinoniana* es la

única especie que tiene cifras elevadas para las variables de abundancia, frecuencia y dominancia. *Brosimum alicastrum* obtuvo un valor alto de IV, debido a su dominancia, mientras que el IV de *Aspidosperma megalocarpon*+*A. spruceanum* (sitio I) fue el resultado de un área basal grande, aunado a la dominancia. *Quercus skinneri*, *Terminalia oblonga*, *Drypetes brownii*, *Manilkara zapota*, *Lonchocarpus sp.* y *Diospyros digyna* presentan un IV relativamente alto, principalmente, por los altos valores de las áreas basales.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Composición florística

Los trabajos florísticos de la región han tenido como prioridad los bosques de la reserva de la Biosfera El Triunfo (Rebitri), principalmente en grandes altitudes. Entre éstos se encuentra el inventario florístico realizado por Martínez-Meléndez *et al.* (2008) en el Polígono V de la Rebitri, en donde registró 40 especies leñosas. Por otra parte, Pérez Farrera *et al.* (en prensa), registran 64 especies de árboles y arbustos en el municipio Acacoyagua, dentro del área que comprende la REBITRI, tanto en la zona núcleo como en la zona de amortiguamiento, cabe mencionar que sólo se tomaron en cuenta las colectas realizadas a partir del año 1990

para aportar información en cuanto a la composición florística actual de los bosques. Richards (1996) señala que las formaciones vegetales de las tierras bajas se caracterizan por ser pequeñas de estatura, simples en estructura y menos ricas en especies de árboles. Por su parte, Rzedowski (1983) menciona que los bosques tropicales perennifolios presentan mejor desarrollo en terrenos planos o ligeramente ondulados con suelos aluviales profundos y bien drenados. Lo anterior puede explicar, en parte, la diferencia entre la riqueza arbórea del área de estudio en comparación con los bosques de la región Lacandona, en donde Meave *et al.* (2008) registran 200 especies arbóreas en Selva Alta Perennifolia y Selva Mediana Subperennifolia de Yaxchilán, aunque el trabajo incluye también áreas perturbadas.

Por otra parte, las especies incluidas en alguna categoría de riesgo, advierten las condiciones de perturbación a las que se encuentran sometidos los Bosques Tropicales Perennifolios y la necesidad de proponerlos como áreas prioritarias de estudio y conservación.

Estructura física

La importancia de la estructura vertical y la composición florística en su conjunto, radica en la información que pueden aportar acerca de las condiciones en las

Sitio I			Sitio II			Sitio III		
Especie	Familia	IV	Especie	Familia	IV	Especie	Familia	IV
<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae	50.46	<i>Micropholis melinoniana</i>	Sapotaceae	73.21	<i>Quercus skinneri</i>	Fagaceae	37.61
<i>Aspidosperma*</i>	Apocynaceae	31.33	<i>Drypetes brownii</i>	Euphorbiaceae	27.41	<i>Lonchocarpus sp.</i>	Fabaceae	25.44
<i>Terminalia oblonga</i>	Combretaceae	30.33	<i>Manilkara zapota</i>	Sapotaceae	21.99	<i>Diospyros digyna</i>	Ebenaceae	23.26
<i>Trophis mexicana</i>	Moraceae	26.62	<i>Dendropanax arboreus</i>	Araliaceae	12.29	<i>Garcinia intermedia</i>	Clusiaceae	20.28
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Clusiaceae	17.46	<i>Miconia argentea</i>	Melastomataceae	8.73	<i>Myrcianthes fragans</i>	Myrtaceae	10.20

Tabla 3 ■ Valor de importancia (VI) de las especies arbóreas en cada sitio de muestreo.

que se desarrollan las comunidades y el estado en que éstas se encuentran. Bourgeron (1983) señala que las alturas máximas de los árboles dentro del bosque se alcanzan en suelos fértiles y con buen drenaje. De esta forma, las bajas alturas de las especies arbóreas reflejan las condiciones edafológicas del área de estudio. Por otra parte, Pennington & Sarukhán (2005) mencionan que en la Sierra Madre el BTP sobre altitudes mayores a 700 m está mezclado con elementos de zonas templadas, en esta situación, el bosque, no es en conjunto tan alto como los de las zonas bajas.

En gran parte, las características de los componentes arbóreos concuerdan con las de los bosques tropicales del país, descritos por autores como Rzedowski (1983), Pennington & Sarukhán (2005) y Challenger (1998), con respecto a caracteres de tronco, corteza, ramificación, tipos de hojas, entre otros. Con excepción de los contrafuertes, mencionados como frecuentes en todas las descripciones de este tipo de vegetación. De acuerdo con Richards (1996) dentro de los trópicos los contrafuertes se hallan a altitudes bastante bajas y con precipitaciones anuales considerables, están ausentes en altitudes más grandes y decrecen, también, cuando el agua y nutrientes minerales pueden llegar a ser más favorables.

La cantidad de especies epífitas encontradas y su distribución dentro del bosque, es aceptable si se compara con las descripciones de Miranda (1998) y Breedlove (1981), que enfatizan el hecho de hallarlas en los árboles más altos, debido a la competencia establecida por la luz del sol (Challenger, 1998). Estas plantas, tienen preferencia por zonas más húmedas y templadas (Miranda, 1998), en donde se observan como componentes característicos de todos los estratos (Breedlove, 1981).

Diversidad

Al comparar los índices de diversidad en los sitios II y III, se observa que existe poca variación en el índice de D y una diferencia más notoria en los valores de

H' . El índice de D está fuertemente recargado hacia las especies más abundantes y no tanto hacia la riqueza (Magurran, 1988). Mientras que el H' es más sensible a las especies raras y a la riqueza (Magurran, 1988). De esta forma, aunque el índice de Simpson evalúo la diferencia en la riqueza de los sitios II y III, la semejanza en la distribución de las especies abundantes en los dos fragmentos redujo en gran medida la diferencia entre los valores de D obtenidos. Por lo contrario, H' , enfatiza la rareza de especies dentro del sitio III, mostrando una diferencia notoria entre las dos áreas. Aunque la riqueza de especies es baja, los índices de diversidad son relativamente altos, al menos en dos sitios. Villaseñor (2004) señala que mientras más diversidad total encontremos en una región, debemos suponer que allí existe una mayor complejidad ecológica. En este sentido, el sitio I presenta los índices de diversidad más bajos debido a que es la zona con mayor homogeneidad, como resultado de la poca complejidad y de las condiciones geográficas. Así, el número de microhábitat se reduce, y como consecuencia la diversidad dentro del bosque disminuye (Begon *et al.*, 1995). Los estudios de diversidad dentro de los bosques tropicales perennifolios del estado son escasos. La región Lacandona es la única que ha sido el objeto de numerosos estudios ecológicos, sin embargo, las condiciones climáticas y geográficas entre regiones conservan diferencias significativas que no permiten llevar a cabo comparaciones válidas entre éstos y el presente trabajo.

Análisis estructural

Las especies con valores de importancia (VI) significativos desempeñan funciones distintas dentro de cada sitio. *B. alicastrum* no es parte importante del dosel del bosque, sin embargo, su abundancia dentro de los estratos inferiores puede impedir el establecimiento y/o desarrollo de otras especies. En el sitio III, *Quercus skinneri* presenta el valor más alto y, aunque consta de un solo registro, su área basal es la más grande dentro de la comunidad. De

acuerdo con Berry (2002), cuando aparecen individuos con valores de DAP elevados, los ejemplares con DAP menores empiezan a disminuir. En este sentido, es probable que *Q. skinneri*, determine en parte la distribución de las especies dentro del fragmento.

Similitud

Las diferencias o afinidades entre los sitios es difícil de explicar, pues las variables ambientales que determinan el tipo de vegetación de un lugar son diversas y están sometidas a cambios constantes. Sin embargo, puede mencionarse a un factor determinante: el relieve. Los fragmentos II y III se encuentran al pie de montaña entre dos sistemas montañosos complejos, mientras que el sitio I, aunque también se encuentra al pie de una montaña, está ubicado entre sistemas de menor elevación y complejidad. De esta forma, el sitio I recibe los rayos del sol con mayor intensidad y a causa de su ubicación la incidencia de neblina puede ser escasa o nula. Mientras que en el sitio II y III, la cantidad de luz solar debe ser menor y la neblina puede ser más frecuente en ciertas temporadas del año (Google, 2010). Walsh (1996), menciona que la distribución altitudinal de los bosques de montaña probablemente depende de la frecuencia e incidencia de niebla que reduce la iluminación, la transpiración de las plantas y la fotosíntesis. Así, podemos entender, en parte, porqué el sitio II conserva mayor similitud con el sitio III que con el sitio I, a pesar de que

las diferencias de altitud con este último son mínimas. Aunque quizá el grado de perturbación no sea un factor que contribuya de forma significativa en la similitud de los sitios, cabe mencionar que fue más evidente dentro del sitio I, en donde se registraron especies indicadoras de perturbación como *Castilla elastica* y *Coffea sp.*

CONCLUSIONES

Los bosques tropicales de la región toman sus características más notables y distintivas debido al complejo montañoso que origina condiciones abruptas de relieve, dando paso a entornos climáticos variados que ofrecen un escenario heterogéneo en la estructura biológica de las comunidades. A pesar de que los fragmentos tienen una extensión pequeña, mantienen especies endémicas y en riesgo, además, es probable que sean utilizados por especies de animales para el mantenimiento de sus poblaciones. El presente trabajo es sólo el preámbulo en el conocimiento de la flora y los atributos ecológicos de la región con toda la posibilidad de ser modificados con el aumento en el esfuerzo de muestreo. Hace falta incrementar los estudios en los bosques de tierras bajas de la Sierra Madre para complementar la información de la diversidad y complejidad estructural, y así, determinar si existen fragmentos que puedan mantenerse como reservorios de especies y como representantes de la vegetación original de la región de el Soconusco.

Especies registradas dentro de los fragmentos de BTP; Loc. Localidad; AZ. Andes de Zapata; GL. Las Golondrinas; NR. Nueva Reforma; FB. Forma biológica, AB. Árbol; ARB. Arbusto; ABT. Arborescente; Ind. Individuos; número de individuos registrados dentro de cada uno de los fragmentos.

Nombre Científico	Familia	Loc	FB	Ind
<i>Aphelandra scabra</i> (Vahl) Sm.	Acanthaceae	GL	ARB	1
<i>Aphelandra scabra</i> (Vahl) Sm.	Acanthaceae	NR	ARB	2
<i>Odontonema glabrum</i> Brandegee	Acanthaceae	AZ	ARB	3
<i>Saurauia aspera</i> Turcz.	Actinidaceae	NR	AB	1
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	NR	AB	2
<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	Annonaceae	GL	ARB	1
<i>Desmopsis lanceolata</i> Lundell	Annonaceae	GL	ARB	4
<i>Aspidosperma megalocarpon</i> Müll. Arg.	Apocynaceae	AZ	AB	3
<i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. ex Müll. Arg.	Apocynaceae	AZ	AB	3
<i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. ex Müll. Arg.	Apocynaceae	NR	AB	3
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	Araliaceae	NR	AB	4
<i>Oreopanax geminatus</i> Marchal	Araliaceae	NR	AB	2
<i>Chamaedorea pinnatifrons</i> (Jacq.) Oerst.	Arecaceae	NR	ABT	9
<i>Chamaedorea quezalteca</i> Standl. & Steyerl.	Arecaceae	NR	ABT	1
<i>Chamaedorea tepejilote</i> Liebm. ex Mart.	Arecaceae	AZ	ABT	7
<i>Chamaedorea tepejilote</i> Liebm. ex Mart.	Arecaceae	NR	ABT	1
<i>Geonoma interrupta</i> (Ruiz & Pav.) Mart.	Arecaceae	GL	ABT	1
<i>Quararibea funebris</i> (La Llave) Vischer	Bombacaceae	AZ	AB	3
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae	AZ	AB	1
<i>Forchhammeria trifoliata</i> Radlk.	Capparaceae	GL	AB	1
<i>Viburnum hartwegii</i> Benth.	Caprifoliaceae	GL	ARB	1
<i>Maytenus aff. belizensis</i> Standl.	Celastraceae	AZ	AB	1
<i>Salacia impressifolia</i> (Miers) A.C. Sm.	Celastraceae	GL	AB	1
<i>Zinowiewia matudae</i> Lundell	Celastraceae	NR	AB	1
<i>Hirtella racemosa</i> Lam.	Chrysobalanaceae	GL	ARB	1
<i>Hirtella racemosa</i> Lam.	Chrysobalanaceae	NR	ARB	5
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Clusiaceae	AZ	AB	3
<i>Garcinia intermedia</i> (Pittier) Hammel	Clusiaceae	GL	AB	6

<i>Connarus lentiginosus</i> Brandegee	Connaraceae	NR	ARB	4
<i>Diospyros digyna</i> Jacq.	Ebenaceae	GL	AB	1
<i>Diospyros digyna</i> Jacq.	Ebenaceae	NR	AB	1
<i>Erythroxyllum macrophyllum</i> Cav.	Erythroxyllaceae	GL	ARB	1
<i>Erythroxyllum macrophyllum</i> Cav.	Erythroxyllaceae	NR	ARB	10
<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	Euphorbiaceae	AZ	AB	1
<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	Euphorbiaceae	NR	AB	1
<i>Croton guatemalensis</i> Lotsy	Euphorbiaceae	NR	AB	4
<i>Drypetes brownii</i> Standl.	Euphorbiaceae	NR	AB	4
<i>Mabea excelsa</i> Standl. & Steyerl.	Euphorbiaceae	AZ	AB	1
<i>Calliandra rhodocephala</i> Donn. Sm.	Fabaceae	NR	ARB	12
<i>Inga hintonii</i> Sandwith	Fabaceae	GL	AB	1
<i>Inga hintonii</i> Sandwith	Fabaceae	NR	AB	1
<i>Lonchocarpus</i> sp.	Fabaceae	GL	AB	2
<i>Mimosa ervendbergii</i> A. Gray	Fabaceae	AZ	Liana	1
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Fabaceae	NR	AB	1
<i>Swartzia simplex</i> (Sw.) Spreng.	Fabaceae	AZ	AB	1
<i>Swartzia simplex</i> (Sw.) Spreng.	Fabaceae	GL	AB	3
<i>Swartzia simplex</i> (Sw.) Spreng.	Fabaceae	NR	AB	6
<i>Quercus skinneri</i> Benth.	Fagaceae	GL	AB	1
<i>Casearia commersoniana</i> Cambess.	Flacourtiaceae	GL	ARB	1
<i>Casearia commersoniana</i> Cambess.	Flacourtiaceae	NR	ARB	2
<i>Xylosma horrida</i> Rose	Flacourtiaceae	GL	ARB	1
<i>Semialarium mexicanum</i> (Miers) Mennega	Hippocrateaceae	AZ	AB	1
<i>Beilschmiedia mexicana</i> (Mez) Kosterm.	Lauraceae	NR	AB	1
<i>Ocotea acuminatissima</i> (Lundell) Rohwer	Lauraceae	GL	AB	2
<i>Ocotea acuminatissima</i> (Lundell) Rohwer	Lauraceae	NR	AB	3
<i>Ocotea</i> sp.	Lauraceae	GL	AB	5
<i>Ocotea</i> sp.1	Lauraceae	NR	AB	5
<i>Ocotea</i> sp2.	Lauraceae	NR	ARB	1
<i>Persea</i> aff. <i>effusa</i> (Meisn.) Hemsl.	Lauraceae	NR	ARB	1
<i>Persea liebmannii</i> Mez	Lauraceae	AZ	AB	1
<i>Pouteria durlandii</i> (Standl.) Baehni	Lauraceae	GL	AB	1

<i>Bunchosia lindeniana</i> A. Juss.	Malpighiaceae	AZ	ARB	1
<i>Bunchosia lindeniana</i> A. Juss.	Malpighiaceae	GL	ARB	1
<i>Bunchosia lindeniana</i> A. Juss.	Malpighiaceae	NR	ARB	1
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	NR	ARB	1
<i>Guarea grandifolia</i> DC.	Meliaceae	AZ	AB	5
<i>Mollinedia viridiflora</i> Tul.	Monimiaceae	GL	ARB	1
<i>Mollinedia viridiflora</i> Tul.	Monimiaceae	NR	ARB	1
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Moraceae	AZ	AB	31
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Moraceae	NR	AB	2
<i>Clarisia mexicana</i> (Liebm.) Lanj.	Moraceae	NR	AB	1
<i>Trophis mexicana</i> (Liebm.) Bureau	Moraceae	AZ	AB	3
<i>Ardisia compressa</i> Kunth	Myrsinaceae	GL	ARB	5
<i>Ardisia compressa</i> Kunth	Myrsinaceae	NR	ARB	1
<i>Parathesis serrulata</i> (Sw.) Mez	Myrsinaceae	AZ	ARB	1
<i>Eugenia acapulcensis</i> Steud.	Myrtaceae	GL	ARB	1
<i>Eugenia sp.</i>	Myrtaceae	GL	AB	1
<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	Myrtaceae	GL	AB	1
<i>Myrciaria floribunda</i> (H. West ex Willd.) O. Berg	Myrtaceae	NR	ARB	3
<i>Guapira myrtiflora</i> (Standl.) Lundell	Nyctaginaceae	NR	AB	3
<i>Ouratea lucens</i> (Kunth) Engl.	Ochnaceae	NR	ARB	7
<i>Piper aequale</i> Vahl	Piperaceae	GL	ARB	1
<i>Piper pseudolindenii</i> C. DC.	Piperaceae	AZ	ARB	14
<i>Piper pseudolindenii</i> C. DC.	Piperaceae	GL	ARB	4
<i>Piper pseudolindenii</i> C. DC.	Piperaceae	NR	ARB	1
<i>Coccoloba schiedeana</i> Lindau	Polygonaceae	GL	AB	1
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Proteaceae	GL	AB	1
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Proteaceae	NR	AB	2
<i>Couepia polyandra</i> (Kunth) Rose	Rosaceae	NR	ARB	1
<i>Prunus lundelliana</i> Standl.	Rosaceae	GL	AB	1
<i>Arachnothryx laniflora</i> (Benth.) Planch.	Rubiaceae	GL	ARB	2
<i>Arachnothryx laniflora</i> (Benth.) Planch.	Rubiaceae	NR	ARB	1
<i>Chomelia brachypoda</i> Donn. Sm.	Rubiaceae	NR	ARB	1
<i>Coffea sp.</i>	Rubiaceae	AZ	ARB	1

<i>Faramea occidentalis</i> (L.) A. Rich.	Rubiaceae	AZ	AB	1
<i>Faramea occidentalis</i> (L.) A. Rich.	Rubiaceae	GL	AB	11
<i>Faramea occidentalis</i> (L.) A. Rich.	Rubiaceae	NR	AB	14
<i>Machaonia erythrocarpa</i> subsp. <i>hondurensis</i> (Standl.) Borhidi	Rubiaceae	NR	ARB	2
<i>Plocaniophyllon flavum</i> Brandegee	Rubiaceae	GL	ARB	1
<i>Psychotria chiapensis</i> Standl.	Rubiaceae	NR	AB	1
<i>Psychotria horizontalis</i> Sw.	Rubiaceae	AZ	AB	2
<i>Psychotria horizontalis</i> Sw.	Rubiaceae	NR	ARB	1
<i>Psychotria mexiae</i> Standl.	Rubiaceae	GL	ARB	1
<i>Randia aculeata</i> L.	Rubiaceae	NR	ARB	1
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	Sapotaceae	NR	AB	2
<i>Micropholis melinoniana</i> Pierre	Sapotaceae	NR	AB	5
<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni	Sapotaceae	GL	AB	1
<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni	Sapotaceae	NR	AB	2
<i>Sideroxylon capiri</i> (A. DC.) Pittier	Sapotaceae	NR	AB	1
<i>Symplocos limoncillo</i> Bonpl.	Symplocaceae	NR	AB	1
<i>Deherainia matudae</i> Lundell	Teophrastaceae	GL	ARB	1
<i>Deherainia matudae</i> Lundell	Teophrastaceae	NR	ARB	1
<i>Ternstroemia tepezapote</i> Schltld. & Cham.	Theaceae	GL	AB	1
<i>Luehea speciosa</i> Willd.	Tiliaceae	NR	AB	2
<i>Aegiphila costaricensis</i> Moldenke	Verbenaceae	AZ	ARB	1
<i>Rinorea guatemalensis</i> (S. Watson) Bartlett	Violaceae	NR	ARB	14

LITERATURA CITADA

- ARREOLA, A.V.M., 2004.** “Marginación y cambio de uso del suelo en la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas”, en Pérez-Farrera, M.A., N. Martínez-Meléndez, A. Hernández-Yáñez y A.V. Arreola-Muñoz (eds.), 2004, *La Reserva de la Biosfera El Triunfo: tras una década de conservación*, Unicach, pp. 265-295.
- BEGON, M., J.L. HARPER y C.R. TOWNSED, 1995.** *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Omega, 886 pp.
- BERRY, P.E., 2002.** “Diversidad y endemismo en los bosques neotropicales de Bajura”, en Guariguata M.R. y G.H. Kattan (eds.), *Ecología y conservación de bosques neotropicales*, LUR, 691 pp.
- BREEDLOVE, D., 1981.** “Introducción a la flora de Chiapas”, en López, S.C., 1993, *Lecturas chiapanecas*, tomo VI, 791 pp.
- BOURGERON, P.S., 1983.** “Spatial Aspects of Vegetation Structure”, en Golley F.B., D.W. Goodall y H. Lieth (eds.), *Tropical Forest Structure and Function*, Elsevier. pp. 27-49.
- BROOKS, T.M., R.A. MITTERMEIER, C.G. MITTERMEIER, G.A.B. DA FONSECA, A.B. RYLANDS, W.R. KONSTANT, P. FLICK, J. PILGRIM, S. OLDFIELD, G. MAGIN, C. ILTON-TAYLOR, 2002.** “Habitat Loss and Extinction in the Hotspots of Biodiversity”, en *Conservation Biology*, 16 (4) pp. 909-923.
- BROWER, J. y J. ZAR, 1977.** *Field and Laboratory Methods for General Ecology*, Wm. C Brown Company, 192 pp.
- CASTILLO-CAMPOS, G. y F.H. NARAVE, 1992.** “Contribución al conocimiento de la vegetación de la Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona, Chiapas, México”, en Vásquez-Sánchez, M.A. y M.A. Ramos, 1992, *Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: investigación para su conservación*, ECOSFERA, 436 pp.
- CHALLENGER, A., 1998.** *Utilización de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro*, UNAM, Instituto de Biología, 847 pp.
- FLAMENCO-SANDOVAL, A., M.R. MARTÍNEZ y O.R. MASERA, 2007.** “Assessing Implications of Land-use and Land-cover Change Dynamics for Conservation of a Highly Diverse Tropical Rain Forest. *Biological Conservation*, 138:131-145.
- GARCÍA, G.G., J. GARCÍA y A. FLAMENCO, 1996.** “Reconocimiento cartográfico de la reserva El Ocote”, en Vásquez, M.A.S. e I.M. March. *Conservación y desarrollo sustentable en la selva El Ocote, Chiapas*, Ecosur, Conabio. pp. 27-44.
- GÓMEZ-POMPA, A., 1973.** The Thrust of Present and Future Research in the Lowland Tropics of Mexico. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 60 (2):169-173.
- GONZÁLEZ-ESPINOSA, M., N. RAMÍREZ-MARCIAL, G. MÉNDEZ-DEWAR, L. GALINDO-JAIMES y D. GOLICHER, 2005.** “Riqueza de especies de árboles en Chiapas: variación espacial y dimensiones ambientales asociadas al nivel regional”, en González-Espinosa M., N. Ramírez-Marcial y L. Ruiz-Montoya (eds.), *Diversidad Biológica en Chiapas*, Ecosur, Cocytch, Plaza y Valdés editores. pp. 81-125.

- GOOGLE, 2010.** *Google Earth*, Versión 5.0.1.
- GRANADOS, S.D. y R.V TAPIA, 1990.** *Comunidades vegetales*, Universidad Autónoma de Chapingo, pp. 106-117.
- H. AYUNTAMIENTO MUNICIPAL, 1996.** *Monografía de Acacoyagua*, Gobierno del Estado, 42 pp.
- HELBIG, C., 1964.** *El Soconusco y su zona cafetalera en Chiapas*, Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas, 134 pp.
- INEGI, 1985.** *Carta edafológica. Huixtla*, 1:250 000.
- INEGI, 1988.** *Carta geológica. Huixtla*, 1:250 000.
- KOEPPEN, W., 1948.** *Climatología*, Fondo de Cultura Económica, 213 pp.
- MAGAÑA, P. y J.L., VILLASEÑOR, 2002.** “La flora de México”, en *Ciencias*, 66:24-26.
- MAGURRAN, A.E., 1988.** *Diversidad ecológica y su medición*, VEDRA, 199 pp.
- MARTÍNEZ-MELÉNDEZ, J., M.A. PÉREZ-FARRERA y O. FARRERA-SARMIENTO, 2008.** Inventario florístico del Cerro El Cebú y zonas adyacentes de la Reserva de la Biosfera El Triunfo (Polígono V), Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 82:21-40.
- MEAVE, J.A., M.A. ROMERO-ROMERO, A. VALLE-DOMÉNECH, A. RINCÓN GUTIÉRREZ, E. MARTÍNEZ y C.H. RAMOS, 2008.** Plant diversity assessment in the Yaxchilán Natural Monument, Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 83: 53-76.
- MIRANDA, F., 1998.** *La vegetación de Chiapas*, 3a ed. Coneculta, 596 pp.
- OCHOA-GAONA, S., 1996.** La vegetación de la reserva El Ocote a lo largo del cañón del río La Venta, en Vásquez S.M.A. y M.I. March (eds.), *Conservación y desarrollo sustentable en la selva El Ocote*, Ecosur, Ecosfera, Conabio, 421 pp.
- ORTÍZ-ESPEJEL, B. y TOLEDO V.M., (1998).** Tendencias en la deforestación de la Selva Lacandona (Chiapas, México): el caso de Las Cañadas. *Interciencia*, 23(6):318-327.
- PENNINGTON, T.D. y J. SARUKHÁN. 2005.** *Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México*. 3a ed., Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica, 523 p.
- PRANCE, G.T., H. BEENTJE, J. DRANSFIELD, R. JOHNS, 2000.** The Tropical Flora Remains Undercollected. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 87:67-71.
- PÉREZ-FARRERA, M.A., R. MARTÍNEZ-CAMILO y N. MARTÍNEZ-MELÉNDEZ (en prensa),** *Biodiversity of Plant in the El Triunfo Reserve, Chiapas, México. Richness, Composition and Conservation.*
- RICHARDS, P.W., 1996.** *The Tropical Rain Forest*, 2da. ed., Cambridge University Press, 575 pp.
- RICHTER, M., 2000.** The Ecological Crisis in Chiapas: a Case Study from Central America. *Mountain Research and Developmen*, 20 (4):332-339.
- RZEDOWSKI, J., 1983.** *Vegetación de México*, Limusa, 432 pp.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT), 2002.

“Norma Oficial Mexicana. NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo”, en Diario Oficial de la Federación, México.

SOSA, V. y P. DÁVILA, 1994. Una evaluación del conocimiento florístico de México. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 81:749-757.

TOLEDO, V.M., 1982. Pleistocene Changes of Vegetation in Tropical Mexico, (en prance), G. T. *Biological Diversification in the Tropics*. Columbia University Press. P. 93-111.

IUCN, 2010. IUCN *Red List of Threatened Species*, version 2010.2., www.iucnredlist.org.

VILLASEÑOR, J.L., 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75:105-135.

WALSH, R.P.A., 1996. Microclimate and Hydrology, en Richards, P.W., *The Tropical Rain Forest*. 2a ed., Cambridge, 575 pp.





Primer registro de *Encyclia nematocaulon* (A. Rich.) Acuña (1939) (Orchidaceae, Laeliinae) para Chiapas, México

Carlos Rommel Beutelspacher Baigts¹
Iván Moreno-Molina²

RESUMEN

Se registra por primera vez para Chiapas *Encyclia nematocaulon* (A. Rich.) Acuña (1939), conocida anteriormente para las Islas Bahamas, Cuba, México (Campeche, Quintana Roo, Veracruz, Yucatán), Guatemala, Belice, El Salvador y Honduras, siendo la presencia de espinas en la superficie de las cápsulas el carácter más notable de esta especie.

Palabras Clave: *Encyclia nematocaulon*, Orchidaceae, primer registro, Chiapas, México.

ABSTRACT

Is redescribed, illustrated and recorded for first time in Chiapas, Mexico, *Encyclia nematocaulon* (A. Rich.) Acuña (1939), previously known to the Bahamas, Cuba, Mexico (Campeche, Quintana Roo, Veracruz, Yucatán), Guatemala, Belize, El Salvador and Honduras, with the presence of spines on the surface of the capsules, the most notable character of this species.

Key Words: *Encyclia nematocaulon*, Orchidaceae, Chiapas, México.

INTRODUCCIÓN

En 2008, el primero de los autores de este artículo, publicó el *Catálogo de las orquídeas de Chiapas*, (Beutelspacher, 2008) y a partir de allí, hemos venido dando a conocer algunas adiciones al mismo Moreno-Molina, I. & C. R. Beutelspacher (2010), y Beutelspacher & I. Moreno-Molina (2010). Al continuar con nuestras investigaciones sobre las orquídeas de Chiapas, encontramos una colonia de orquídeas con todo el aspecto de pertenecer a *Encyclia bractescens* (Lindl.) Hoehne (1952), debido a la forma y tamaño de los pseudobulbos, así como a la presencia de hojas lineares, la cual fue recolectada y cultivada *ex situ*, y la sorpresa la tuvimos poco tiempo después al presentarse la floración, ya que las flores eran muy diferentes a las de la especie citada, por lo que al estudiarlas, se vio que correspondía a *Encyclia nematocaulon* (A. Rich.) Acuña (1939), una especie no registrada para Chiapas, por lo que ahora la redescrimos e ilustramos y de acuerdo a Dressler y Pollard (1974), era conocida de las Islas Bahamas, Cuba, México (Campeche, Quintana Roo, Veracruz, Yucatán), Guatemala, Honduras y El Salvador. El género *Encyclia* Hooker, comprende 23 especies para Chiapas, incluyendo el nuevo registro.

¹Herbario Eizi Matuda

Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
rommelbeu@hotmail.com

²Dirección de Áreas Naturales y Vida Silvestre
Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
ivan_morenomolina@hotmail.mx

Encyclia Hooker

Bot. Mag. 55: t. 2831 (1828)

Es un género del que se han descrito 144 especies americanas, que habitan desde lugares cercanos al nivel del mar hasta elevadas altitudes, distribuidas desde los Estados Unidos, Las Antillas, México hasta Sudamérica. Se distinguen del género *Epidendrum* por la presencia de pseudobulbos, de los cuales carece el anterior, los cuales pueden llevar de una a varias hojas. La inflorescencia puede ser corta o larga, sencilla o ramificada y por lo mismo puede contener pocas o numerosas flores, muchas muy perfumadas y con colores muy vistosos, desde el verde, blanco, amarillo, anaranjado, pardo o rojizo, y con los sépalos y pétalos semejantes; en cambio el labelo es muy variable pudiendo ser corto o amplio, pero generalmente es trilobulado, el cual abraza a la base de la columna y tiene los lóbulos laterales bastante conspicuos.

En Chiapas tenemos registradas 23 especies, incluyendo a *E. nematocaulon*.

Encyclia nematocaulon (A. Rich.) Acuña (1939)

Epidendrum nematocaulon A. Rich., Fl. Cub. Faerog. 2: 238 (1845)

Cat. Desc. Orq. Cub. 77 (1939)

Sin. *Epidendrum xiphères* (1853-54)

Encyclia purpusii Schltr. (1925)

Etimología. El nombre de esta especie significa “con espinas” debido a las protuberancias o verrugas espiniformes que presenta el ovario y desde luego en las cápsulas.

Descripción. (Basada en Dressler & Pollard, 1974) (figuras 01 hasta 03) Seudobulbos agrupados, cónico-ovoides, de 1.5-3 cm de largo, 0.7-1.8 cm de ancho. Una hoja en cada pseudobulbo, linear, aguda, desde 7 hasta 25 cm de largo por 2.5 hasta 7 mm de ancho. Inflorescencia sencilla o ramificada, de 4 a 14 flores, de 10 a 40 cm de largo; ovario y pedicelo fuertemente equinado-verrugoso; los sépalos y pétalos son de co-

lor pardo amarillento con venas más oscuras, el labelo de color crema-verdoso, volviéndose amarillo con la edad; sépalos elípticos o elíptico-oblancoeados, agudos, desde 11 hasta 14 mm de largo, y 1.5 hasta 3 mm de ancho; pétalos linear-oblancoeados, agudos, desde 11 hasta 13 mm de largo, por 1.5 hasta 1.8 mm de ancho; labelo unido con la columna en la base, trilobado, largo total desde 11 hasta 12 mm; los lóbulos laterales lineares o linear-oblancoeados, falcados, el ápice agudo, subotuso u oblicuamente retuso, de 4 a 6 mm de largo, por 0.8 a 1.5 mm de ancho, separado del lóbulo medio por un seno ancho (aproximadamente de 2 mm); lóbulo medio ovado-cordiforme o triangular-cordiforme hasta transversalmente rómbico, agudo, el borde ondeado, desde 5 hasta 7 mm de largo, por 6.5 hasta 9 mm de ancho. Callo carnoso, oblongo, surcado, pasando hasta 3 venas carnosas, crenuladas, que llegan al ápice de la lámina, callo y venas principales pubérulos, venas menores cubriendo el resto de la lámina; columna delgada, de 4.5 a 6 mm de largo, el diente medio obtuso, muy corto, los laterales subiguales hasta netamente más largos; cápsula elipsoide, equinado-verrugosa, aproximadamente de 18 mm de largo por 5 hasta 8 mm de ancho.

Época de floración. Febrero a mayo.

Distribución general. Islas Bahamas, Cuba, México (Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Veracruz, Yucatán), Guatemala, Honduras y El Salvador.

Chiapas. Un ejemplar recolectado 10 km adelante de Pantelhó rumbo a Chilón, 3 de marzo del 2010, colector Carlos R. Beutelspacher s/n depositado en el Herbario Eizi Matuda, de la Facultad de Biología de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Hábitat. En selva baja caducifolia, desde el nivel del mar, hasta aproximadamente 800 msnm.

Observaciones. A simple vista, las plantas recuerdan bastante a *Encyclia bractescens* (Lindley) Hoehne, pero las flores y sobre todo las cápsulas verrugosas, son muy diferentes a las de esta especie.

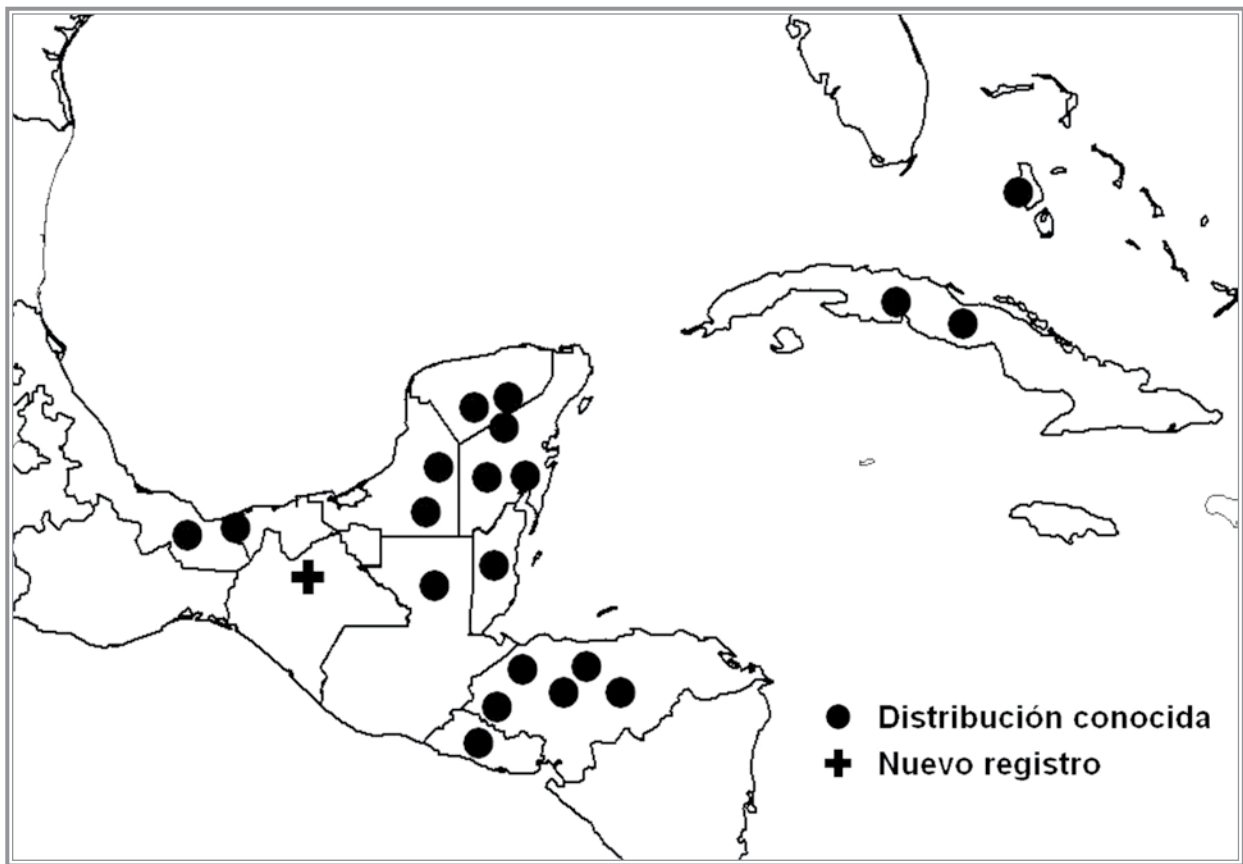


Figura 1 ■ | Distribución de *Encyclia nematocaulon* (A. Rich.) Acuña (1939).

Distribución de *Encyclia nematocaulon* (A. Rich.)
 Acuña (1939)

Agradecimientos. Al doctor Gerardo Salazar del
 Instituto de Biología de la Universidad Nacional Au-
 tónoma de México por sus valiosos comentarios.

LITERATURA CITADA

- AMES, O. & D. S. CORRELL, 1985. *Orchids of Guatemala and Belice*. Dover Publications, Inc, New Cork, USA, 779 pp.
- BEUTELSPACHER B., C.R., 2008. Catálogo de las orquídeas de Chiapas. *Lacandonia rev. Ciencias, Unicach 2 (2): 23-122*.
- BEUTELSPACHER B., C.R. & I. MORENO-MOLINA, 2010. Nuevos registros y localidades de orquídeas para Chiapas, México. *Lacandonia, rev. Ciencias Unicach 4 (1):11-15*.
- CARNEVALI, F. C. G., TAPIA-MUÑOZ, J. L., JIMÉNEZ-MACHORRO, R., SÁNCHEZ-SALDAÑA, L., IBARRA-GONZÁLEZ, L., RAMÍREZ, I. M. y M. P. GÓMEZ, 2001. Notes on the Flora of the Yucatán Peninsula II: a Sinopsis of the Orchid Flora of the Mexican Yucatán Peninsula and a Tentative Checklist of the Orchidaceae of the Yucatán Peninsula Biotic Province. *Harvard Papers in Botany, 5 (2): 383-446*.
- DRESSLER, R. L. Y G. E. POLLARD, 1974. *El género Encyclia en México*. Asoc. Mex. Orq. A.C. México 158 p.
- ESPEJO, S.A. y A. R. LÓPEZ FERRARI, 1997. *Monocotiledóneas mexicanas, una sinopsis florística*, parte VII, Orchidaceae I, Consejo Nacional de la Flora de México, A.C., UAM, Conabio, 90 pp.
- MOBOT, 2010. *Base de datos del Missouri Botanical Garden*, Consultada el 15-09-2010, Disponible en: www.mobot.org.
- MORENO-MOLINA, I. & C.R. BEUTELSPACHER, 2010. *Epidendrum incomptoides* Ames, F.T. Hubb. & C. Schweinf. (1935): orquídea rara y en peligro de extinción encontrada en laguna Bélgica, Chiapas, México. *Lacandonia, rev. Ciencias Unicach 4 (1): 5-9*.
- SOTO-ARENAS M. A., E. HÁGSATER, R. JIMÉNEZ MACHORRO, G.A. SALAZAR CHÁVEZ, R. SOLANO GÓMEZ, R. FLORES GONZÁLEZ, e I. RUÍZ CONTRERAS, 2007. Catálogo Digital, *Las orquídeas de México*, Cd.



Apéndice



Encyclia nematocaulon (A. Rich.). Acuña (1939).



Crustáceos decápodos de la plataforma continental de la región Soconusco, Chiapas, México

¹Fredi E. Penagos García

¹Orlando Lam Gordillo

²Gustavo Rivera Velázquez

³Margarito Tapia García

RESUMEN

Se aporta información y se realiza un listado taxonómico preliminar de los crustáceos decápodos, en la plataforma continental de la región Soconusco, Chiapas, México. La información se obtuvo por medio de trabajo de campo realizado desde enero de 2009 hasta abril de 2010. De 73 ejemplares analizados, se encontró un total de siete familias, nueve géneros y nueve especies. Los resultados demuestran que el orden Decápoda fue el mejor representado. Las familias más representadas fueron Calappidae y Portunidae con dos géneros respectivamente; *Calappa* y *Hepatus* y, *Arenaeus* *Callinectes* respectivamente. Los datos aportados sirven como base de datos de estudio para proyectos de investigación de la región.

Palabras clave: Crustáceos, Decápoda, Stomatópoda, plataforma continental, Chiapas, México.

ABSTRACT

A preliminary taxonomic list was realized and contributes information about the Crustaceans Decapoda in the continental platform of the Soconusco region, Chiapas, Mexico. The information was obtained by realized exits to field of January 2009 to April 2010. From a total of 73 analyzed specimens, we found a total of seven families, nine genus and nine species. The results demonstrate that the Decápoda order was the most represented. The families better represented were Calappidae and Portunidae with two genus respectively; *Calappa* and *Hepatus*, and *Arenaeus* and *Callinectes* respectively. The contributed data serve like study base for projects of investigation of the region.

Key words: Crustacea, Decapoda, Stomatopoda, continental platform, Chiapas, Mexico.

¹Laboratorio de Hidrobiología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (Unicach). Libramiento Norte Poniente 1150. Col. Lajas Maciel Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. C.P. 29039
E-mail: fredipenagosgarcia@hotmail.com

²Laboratorio de acuicultura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (Unicach). Libramiento norte poniente 1150, Col. Lajas Maciel Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. C.P. 29039
E-mail: grivera@unicach.edu.mx

³Departamento de Hidrobiología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa Av. Rafael Atlixco #186, Col. Vicentina, México, D.F. C.P. 09390 A.P. 55-535. Tels: 5804-4737, 5804-6492 Fax: 5804-4738
E-mail: mtg@xanum.uam.mx

INTRODUCCIÓN

La fauna carcinológica de México podría considerarse como una de las más ricas de América debido a la posición geográfica de nuestro país y a la variedad de ambientes, producto

de la intrincada topografía de su territorio y por la combinación de dos regiones biogeográficas terrestres (Toledo, 1998). En el orden Decápoda se han descrito aproximadamente 10,000 especies; la mayoría son marinos, pero algunas gambas y cangrejos han invadido regiones de agua dulce, además, algunos cangrejos son terrestres. (Rupper y Barnes, 1996). Los crustáceos decápodos son de importancia alimenticia y económica para México, anualmente aportan el 42% de la producción pesquera en el pacífico mexicano (Anónimo, 2005). Los decápodos también son considerados como reguladores ecológicos, formando parte de la dieta de muchas especies de peces y otros organismos comerciales, y también del ser humano (Cognettig y Magazzu, 2001; Santamaria-Miranda *et al.*, 2005).

Los primeros estudios formales sobre la fauna carcinológica mexicana se remontan a mediados del siglo XIX cuando investigadores, en su mayoría europeos, empiezan a realizar descripciones de especies nuevas, principalmente de agua dulce. Los primeros ejemplares recolectados sirvieron para integrar importantes colecciones en diferentes museos de historia natural del mundo (Villalobos, 1993). Bowman y Abele (1982) reconocieron 105 familias para el orden Decápoda en todo el mundo; en México, se encuentran representadas 74 (74/105) familias de crustáceos decápodos, es decir, México está representado con el 69.5% (74/105) de todas las familias del Orden (Álvarez *et al.*, 1996).

Se ha estimado que en México, incluyendo los mares de la zona económica exclusiva, las aguas continentales y los ambientes terrestres se distribuyen 1880

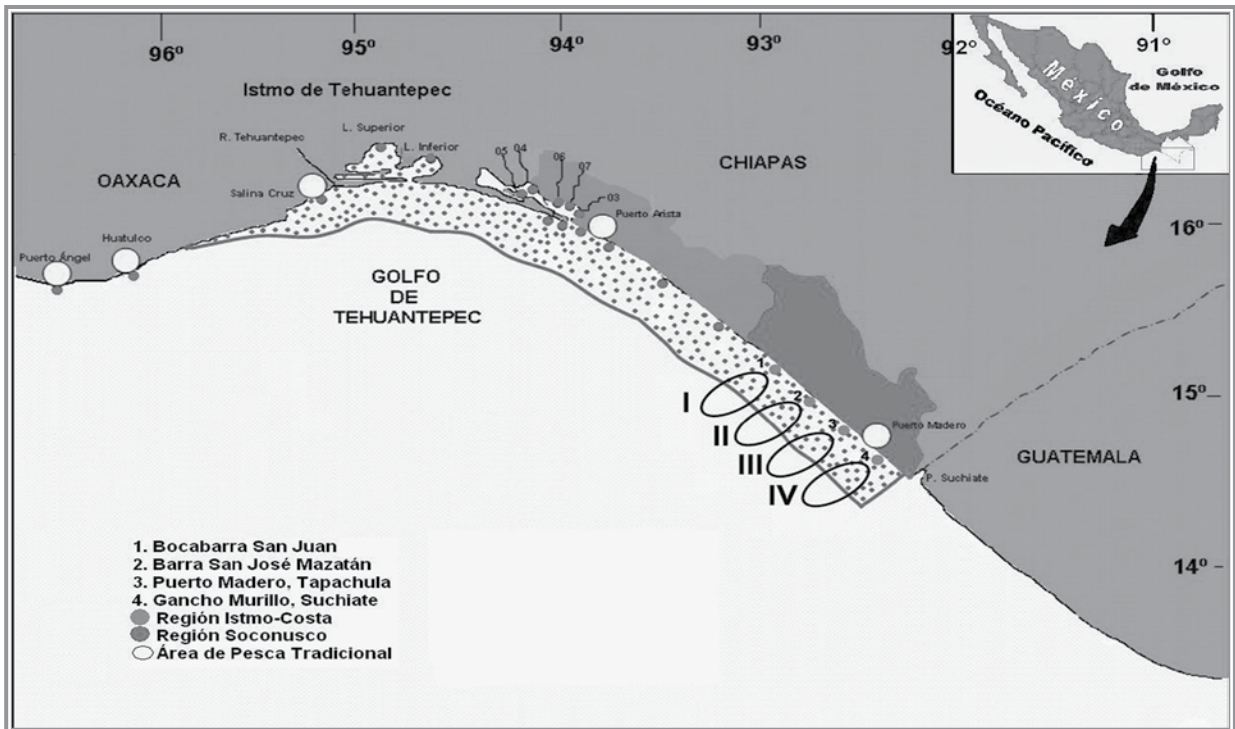


Figura 1 ■ | Áreas y estaciones de pesca tradicional de crustáceos en la plataforma continental de la región Soconusco, Chiapas, México.

especies. Considerando lo anterior, las especies de decápodos en México representan el 18.8% del total estimado para todo el orden Decápoda en el mundo, que es de 10,000 (Álvarez *et al.*, 1996). Los crustáceos estomatópodos, constituyen un grupo importante dentro de la familia bentónica por poseer un alto grado de diversidad, reconociéndose actualmente 12 familias y aproximadamente 350 especies, distribuidas en las regiones tropicales, subtropicales y templadas del mundo (Hendrixckx y Salgado-Barragán, 1991).

Para el pacífico mexicano se han reconocido ocho familias y 29 especies. La diversidad de especies representa el 67% de las especies actualmente conocidas en la región zoogeográfica del pacífico este tropical (Hendrixckx y Salgado-Barragan, 1991).

El presente estudio documenta y presenta una lista sistemática de la riqueza de crustáceos decápodos de la fauna acompañante de la captura de camarón en la plataforma continental de la región Soconusco, Chiapas, México.

ÁREA DE ESTUDIO

La región Soconusco se localiza en el sur del estado de Chiapas (fig. 1), en los 15°19' N de longitud y los 92°44' E de latitud, cubriendo 5,475 km² (el 7.2 % del territorio del estado). El Soconusco presenta varios ecosistemas característicos de zonas costeras, de gran relevancia para el pacífico americano debido a su extensión, estructura y productividad, comprendida entre la Sierra Madre de Chiapas al norte, el mar mexicano al sur, fronteriza al este con Guatemala (Segob, 1998).

Se llama *mar territorial* a la franja marina de 22.2 Km (12 millas náuticas) que colinda con nuestro país. Está constituido por el subsuelo, el lecho marino y el espacio aéreo que lo cubre. La zona económica exclusiva es la franja marina de 380.4 Km (200 millas

náuticas) situada fuera del mar territorial. En esta zona las embarcaciones pueden circular libremente con fines de tránsito, de exploración y de explotación de los recursos naturales (Segob, 1998).

Además, sirve como puente natural entre las regiones biogeográficas neártica y neotropical y alberga las variedades más norteñas y sureñas de numerosas especies.

La plataforma continental es el área más productiva del océano y va desde los 0 m hasta los 80 m aunque generalmente se pesca desde 11 hasta 25 brazas de profundidad (Segob, 1998).

METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Hidrobiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, con ejemplares que son el resultado de recolecciones realizadas desde enero de 2009 hasta abril de 2010 a bordo de embarcaciones camaroneras que operan en la plataforma continental de la región Soconusco. Las embarcaciones son de tipo banfoco camaroneras, se utilizó una red tipo Mac-backer con dos portales con relinga superior e inferior en forma cónica de 3 ½ pulgadas de luz de malla. Durante las faenas se recolectaron las diferentes especies de crustáceos, preparándolos en fresco y congelados a bordo de la embarcación; posteriormente en tierra se les inyectó formaldehído al 99% y se depositaron en frascos formaldehído al 10%. En el laboratorio se lavaron, reetiquetaron y conservaron en alcohol al 70%.

El trabajo consistió en revisar estos ejemplares que fueron depositados en el Laboratorio de Hidrobiología, se seleccionó a los que se encontraron en buen estado de conservación y con datos de colecta completos. Para la determinación se utilizaron claves taxonómicas especializadas. Los cangre-

jos Braquiuros (Crustacea: Brachyura: Majoidea y Parthenopoidea) del Pacífico mexicano, y crustáceos decápodos del Golfo de California (Hendrickx, 1995; Rodríguez, 1987). Las muestras fueron recolectadas durante cuatro cruceros en la temporada de pesca de camarón en el mes de septiembre de 1999 (temporada de lluvias), y febrero, marzo y abril del 2010 (temporada de secas), esto debido a que el periodo de apertura de la veda es desde septiembre hasta abril. Finalmente el material revisado debidamente catalogado se depositó en la colección de crustáceos decapados de la plataforma continental de la región Soconusco en el Laboratorio de Hidrobiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Unicach.

RESULTADOS

Se revisaron 73 ejemplares encontrándose un total de siete familias, nueve géneros y nueve especies para la plataforma continental de la región.

Lista taxonómica de los crustáceos presentes en la fauna de acompañamiento del camarón en la plataforma continental de la región.

Phylum: Artropoda

Subphylum: Crustacea

Clase: Malacostraca (Latreille, 1802)

Orden: Decapoda

Familia: Portunidae (Rafinesque, 1815)

Género: *Arenaeus* (Dana, 1851)

Especie: *Arenaeus mexicanus* (Gestaeker, 1986)

Familia: Calappidae (Dana, 1852)

Género: *Calappa* (Weber, 1755)

Especie: *Calappa convexa* (Rathbun, 1937)

Familia: Scyllaridae

Género: *Evibacus* (Smith, 1866)

Especie: *Evibacus princeps* (Smith, 1866)

Familia: Portunidae (Rafinesque, 1815)

Género: *Callinectes* (Stimpson, 1860)

Especie: *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863)

Familia: Calappidae (Dana, 1852)

Género: *Hepatus* (Latreille, 1802)

Especie: *Hepatus kossmani* (Rathbun, 1937)

Familia: Palinuridae (Latreille, 1803)

Género: *Panulirus* (Gray, 1847)

Especie: *Panulirus gracilis* (Streets, 1871)

Familia: Leucossidae (Samouelle, 1819)

Género: *Persephona* (Leach, 1817)

Especie: *Persephona towsendi* (Rathbun, 1937)

Familia: Diogenidae (Ortmann, 1992)

Género: *Petrochirus* (Stimpson, 1859)

Especie: *Petrochirus californiensis* (Bouvier, 1895)

Familia: Squillidae (Latreille, 1817)

Género: *Squilla* (Latreille, 1802)

Especie: *Squilla mantoidea* (Bigelow, 1893)

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La composición faunística de cangrejos decápodos obtenidos para la plataforma continental de la región, comprende un total de seis familias, ocho géneros y ocho especies. Bowman y Abele (1982) reportan 105 familias para el orden Decápoda en todo el mundo y Álvarez *et al.* (1996) reporta en México 74 familias, 495 géneros y 1,880 especies de crustáceos decápodos.

Los crustáceos estomatópodos obtenidos para la plataforma continental de la región fue un total de una familia y una especie. Manning (1982) reconoce 12 familias y aproximadamente 350 especies distribuidas en las regiones tropicales, subtropicales y templadas del mundo. Hendrixckx y Salgado-Barragan (1991) han reconocido ocho familias y 29 especies

para el Pacífico mexicano, mientras que Manning y Camp (1993), Cappola y Manning (1994) y Manning (1995) han reconocido 10 familias y un total de 17 géneros y 29 especies para el Pacífico mexicano.

CONCLUSIONES

El orden Decápoda es el mejor representado en la plataforma continental de la región Soconusco, con siete familias, nueve géneros y nueve especies.

El orden Stomatopoda fue representado sólo por una familia, un género y una especie *Squilla mantoidea* (Bigelow, 1893).

Las familias mejor representadas para el área fueron la Calappidae y Portunidae con dos géneros respectivamente: *Calappa* y *Hepatus*, y *Arenaeus* y *Callinectes*, respectivamente.

Agradecimientos

Se agradece al ingeniero David Rodríguez Mendoza, oficial de protección de Instalaciones Portuarias por su apoyo y permisos de ingreso a los muelles pesqueros de Puerto Chiapas y a Abraham Solís López por su apoyo en las actividades subacuáticas así, como a la cooperativa de ostioneros de Puerto Madero, Chiapas.

LITERATURA CITADA

ÁLVAREZ, F.J. L. VILLALOBOS y E. LIRA, 1996. "Decápoda" en Llorente, J., A. García y E. González, *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México*, primera edición, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

ANÓNIMO, 2005. *Anuario estadístico de acuacultura y pesca*, primera edición, Comisión Nacional de la Pesca, D.F.

BOWMAN, T.E. y L.G. ABELE, 1982. "Classification of the Recent Crustacean", en L.G. Abele (ed.), *Systematics, the fossil record, and biogeography. The biology of Crustacea*, Academic Press, New York.

CAPPOLA, V. and MANNING, R. B., 1994. Reserch on the Coast of Somalia. Crustacea, Stomatopoda. *Trop. Zool.* 7.

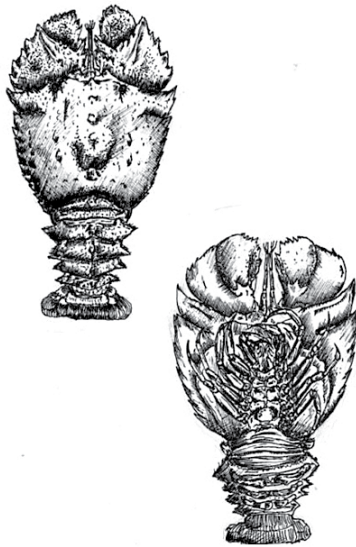
COGNETTIG, y S. M. MAGAZZÚ, 2001. *Biología marina*, primera edición. ed. Ariel, Barcelona.

HENDRICK, M.E., 1995. "Cangrejos", en *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca*, Pacífico centro-oriente, vol. 1. Plantas e invertebrados.

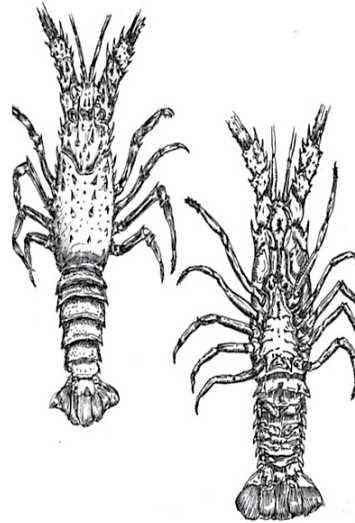
HENDRICKX, M.E., 1996. *Los camarones Penaeoidea bentónicos (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata) del pacífico mexicano*, Conabio- Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

- HENDRICKX, M.E., 1997.** *Los cangrejos Branquiuros (Crustacea: Brachyura: Dromiidae) del pacífico mexicano.* Conabio- Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- MANNING, 1982.** en **HENDRICKX, M.E. y J.L. SALGADO-BARRAGÁN. 1991.** *Los estomatópodos (Crustacea: Hoplocarida) del pacífico mexicano.* Publicaciones especiales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 10: (3).
- MANNING, R.B., 1995.** Stomatopod Crustacea of Vietnam: the Legacy of Raoul Serene. Crustacean Research. *Carcinological Soc. Japan, Spec. núm. 4.*
- MANNING, R.B. and CAMP, D. K. 1993,** Evrythrosquilloidea, a New Superfamily, and Tetrasquillidae, a New Family of Stomatopod Crustaceans. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 106(1).
- RODRÍGUEZ C. M.; RIVERA V. G., y PENAGOS G. F. E., 2002.** *Los crustaceos del laboratotio de hidrobiología de la Unicach.* primera edicion, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, serie Biológica, Chiapas, Mexico.
- RODRÍGUEZ C.R.C. 1987.** *Crustáceos decápodos del Golfo de California,* Secretaría de pesca.
- RUPPERT E.E., y R.D. BARNES, 1996.** *Zoología de los invertebrados,* quinta edición, Interamericana, Mc Graw-Hill.
- Segob, 1998.** Colección “Enciclopedia de los municipios de México”, en *Los Municipios de Chiapas,* Centro Nacional de Estudios Municipales, Gobierno del Estado de Chiapas, Talleres Gráficos de la Nación, México, D.F.
- TOLEDO, V. M., 1988.** “La diversidad biológica de México”. *Ciencia y Desarrollo, 14 (81): 17-30.*
- VILLALOBOS J. L., 1993.** *Colecciones biológicas nacionales del Instituto de Biología: carcinología,* Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.





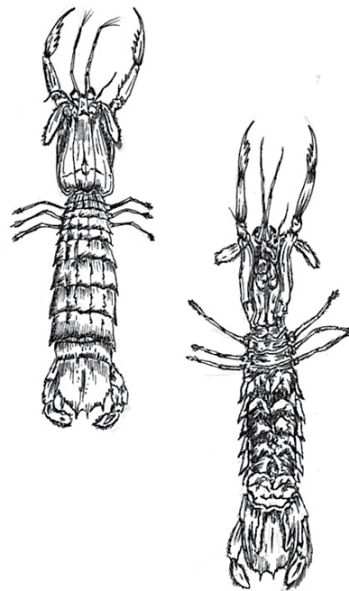
1) *Evibacus princeps* (Smith, 1866)



2) *Panulirus gracilis* (Holthius y Villalobos, 1962)

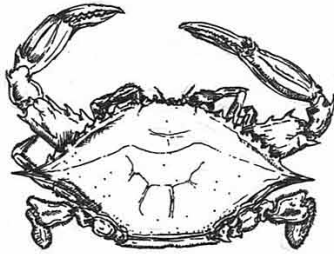


3) *Hepatus kossmani* (Rathbun, 1937)

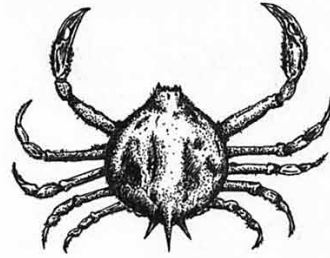


4) *Squilla mantoidea* (Bigelow, 1893)

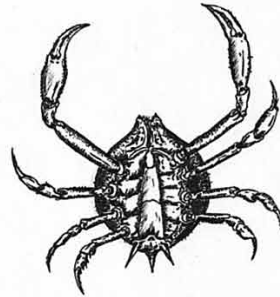
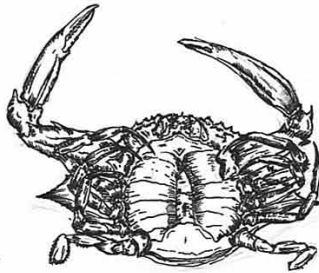
Crustáceos de la plataforma continental de la región Soconusco, Chiapas, México: 1) *Evibacus princeps* (Smith, 1866); 2) *Panulirus gracilis* (Holthius y Villalobos, 1962); 3) *Hepatus kossmani* (Rathbun, 1937); 4) *Squilla mantoidea* (Bigelow, 1893).



5) *Areneus mexicanus* (Gestaecker, 1986)



6) *Persephona towsendi* (Rathbun, 1937)



7) *Petrochirus californensis* (Bouvier, 1895)



8) *Calappa convexa* (Rathbun, 1937)



9) *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863)

Crustáceos de la plataforma continental de la región Soconusco, Chiapas, México: 5) *Areneus mexicanus* (Gestaecker, 1986); 6) *Persephona towsendi* (Rathbun, 1937); 7) *Petrochirus californensis* (Bouvier, 1895); 8) *Calappa convexa* (Rathbun, 1937); 9) *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863).

Efecto de la escarificación mecánica e inmersión en agua caliente, sobre el letargo de semillas de guapinol (*Hymenaea courbaril* L. Fabaceae)

Dolores López Hernández**Juan Antonio Hernández Shilón****Paola Belén Rodríguez Ballinas****Carolina Orantes García*****Eduardo Raymundo Garrido Ramírez****

RESUMEN

Se evaluó la germinación de las semillas de *Hymenaea courbaril* mediante tratamientos pregerminativos de escarificación mecánica y de inmersión en agua caliente a diferentes intervalos de tiempo (30, 60 y 90 seg.). De acuerdo al porcentaje de germinación final y germinación acumulada se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El tratamiento de escarificación mecánica fue el mejor ya que presentó el 100 % de germinación final. En conclusión, la aplicación de tratamientos pregerminativos estimula y acelera el proceso germinativo de las semillas de esta especie.

Palabras claves: Letargo, germinación, guapinol, *Hymenaea courbaril*, Fabaceae.

ABSTRACT

We evaluated the germination of seeds of *Hymenaea courbaril* by pretreatment of mechanical scarification and immersion in hot

water at different time intervals (30, 60 and 90 sec.). According to the final germination percentage and germination accumulated differences were statistically significant among treatments. Mechanical scarification treatment was the best because it presented 100% of final germination. In conclusion, the implementation of pretreatment stimulates and accelerates the process of seed germination of this specie.

Key words: Lethargy, germination, guapinol, *Hymenaea courbaril*, Fabaceae.

INTRODUCCIÓN

En un tiempo relativamente corto la vegetación de México ha sufrido extensas alteraciones antrópicas. Muy pocas áreas del territorio nacional contienen aún comunidades ecológicas inalteradas. La huella de la deforestación, las quemadas de monte, el sobrepastoreo y sus consecuencias sobre la vegetación y el suelo fértil están a la vista en casi cualquier paisaje del país. Ante esta situación de tan graves consecuencias sobre la productividad del campo y la conservación de la biodiversidad, surge como

*Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, c_orantes@hotmail.com

** INIFAP, Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla, Chiapas.

una prioridad inaplazable el comenzar a desarrollar procedimientos para revertir este terrible deterioro de una manera inteligente (Vázquez *et al.*, 1999).

Un recurso fundamental para lograr lo anterior lo constituyen las especies vegetales herbáceas y leñosas nativas que tengan la potencialidad de crecer en zonas profundamente alteradas y que, con el tiempo, permitan la recuperación de la fertilidad del suelo, un microclima y un ciclo hidrológico similares a los originales y el restablecimiento de, al menos, parte de la flora y fauna nativa que aún sobrevive en algunos sitios.

Hasta nuestros días, los programas de reforestación desarrollados por los gobiernos federales, estatales y municipales o por esfuerzos particulares han hecho uso principalmente de especies de árboles exóticos mundialmente conocidos y algunas especies nativas biológicamente mal conocidas, lo que ha impedido que se tenga algún éxito. Los bosques de especies exóticas se transforman por lo general en “desiertos verdes” que no permiten la subsistencia de la mayoría de las especies locales de plantas y animales. Cuando estos son cultivados en pendientes, cumplen muy pobremente su pretendida función de proteger el suelo de la erosión y ayudar a restaurar el ciclo hidrológico original (Vázquez *et al.*, 1999).

En plantaciones de reforestación, el guapinol (*Hymenaea courbaril*), muestra buenos valores de crecimiento y sobrevivencia tanto en plantaciones puras como en plantaciones de enriquecimiento (Caicedo, 1988); estudios en viveros indican que las plántulas crecen muy rápida y vigorosamente (Molina *et al.*, 1996); otras características indican que el *H. courbaril* es tolerante a la sombra. Al parecer la especie también tolera condiciones de suelo y hábitat muy heterogéneas (Gerhardt, 1994). Lo anterior indica que el *H. courbaril* puede ser una especie exitosa en plantaciones forestales.

En plantas forestales, es frecuente encontrar que las semillas presentan letargo, esto se refiere a que

las semillas tardan en germinar aun teniendo las condiciones necesarias de humedad, temperatura y oxígeno (Hartmann y Kester, 1994). El estudio para el letargo en semillas se desconoce en muchas especies forestales, ya que solamente se estudian algunas que son comerciales. Además de que a excepción de ciertas especies tropicales, casi todas las plantas pasan por un período de letargo (Vega *et al.*, 1981).

El principal problema que se tiene con las semillas que presentan letargo es el poder elegir el mejor tratamiento para estimular la germinación (Bautista, 2007). Para contrarrestar los mecanismos que impiden la germinación de las semillas, se requieren aplicar diversos tratamientos y así poder determinar cuál es el más adecuado para obtener un alto porcentaje de germinación (Vega *et al.*, 1981).

Debido al potencial de esta especie en programas de reforestación y al problema de letargo de la semilla, el presente trabajo tuvo como objetivo principal, evaluar el rompimiento de letargo mediante tratamientos pregerminativos en semillas de guapinol (*H. courbaril*), con lo cual se pretende aportar conocimientos de importancia que permitan optimizar las actividades de propagación, reforestación y restauración de ambientes ecológicos.

MATERIALES Y MÉTODO

Las semillas se colectaron en la quinta El Rosario, municipio de Villaflores, Chiapas (16° 16' 34" latitud norte y 93° 11' 24" longitud oeste). La colecta se realizó de manera manual, recogiendo las vainas del suelo y depositándose en costales de rafia. Posteriormente se limpiaron las semillas rompiendo las vainas con un martillo y con la ayuda de una hidrolavadora se eliminó el resto de pulpa. El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Germoplasma de la Secretaría de Medio Ambiente, Vivienda e Historia Natural (Semavi). Los tratamientos pregerminativos aplicados a las semillas fueron realizados de acuerdo a Camacho (1994):



Figura 1 ■ | Escarificación mecánica de las semillas de *H. courbaril*.

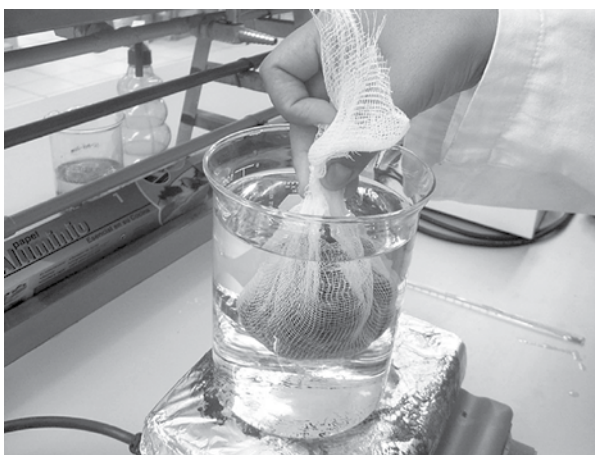


Figura 2 ■ | Semillas de *H. courbaril* sumergidas en agua a 97 °C, a diferentes intervalos de tiempo.



Figura 3 ■ | Germinación de semillas, emergencia del epicótilo sobre el sustrato.

a) Escarificación mecánica. Esto consistió en lijar a un costado de la semilla (parte polar con respecto a los cotiledones) a manera de desgastar la cubierta seminal hasta observar ligeramente al endospermo, sin descubrirlo completamente; utilizando lija para madera número 120, marca Truper® (figura 1).
b) Tratamiento en inmersión en agua caliente. Las semillas se colocaron en una malla de tela y fueron

sumergidas en agua a 97 °C durante 30, 60 y 90 segundos; una vez transcurrido el tiempo se colocaron en agua a temperatura ambiente (figura 2).

c) Tratamiento testigo. Semillas sin ningún tratamiento pregerminativo; una vez efectuados los tratamientos, las semillas se hidrataron por un período de 24 horas, después se colocaron en charolas de plástico para germinación, el sustrato utilizado fue

Peat-moss. Previo a la siembra, el sustrato fue esterilizado en microondas durante 3 minutos alcanzando una temperatura de 100 °C, se dejó enfriar a temperatura ambiente y posteriormente fue depositado en las charolas de germinación. Antes de la siembra las semillas fueron desinfectadas en solución de cloro comercial al 1% por 30 minutos, con ayuda de pinzas se procedió a la siembra de las mismas. Las charolas con las semillas fueron rociadas con una solución fungicida de captan/benlate al 6% (p/v) y se metieron a la cámara de germinación a una temperatura de 25 °C. Las observaciones se tomaron

cada 2 días durante 30 días. Se consideraron germinadas las semillas cuando presentaron emergencia del epicótilo sobre el sustrato (Hartmann y Kester, 1994) (figura 3). Se usó un diseño experimental de bloques completamente al azar evaluando 5 tratamientos con cuatro repeticiones, y 25 semillas por repetición. Se utilizó un arreglo factorial de 5x4x25, haciendo un total de 500 semillas. Se evaluó el porcentaje de germinación y la germinación acumulada de acuerdo a González-Zertuche y Orozco-Segovia (1996). Se realizaron análisis de varianza mediante el paquete estadístico SPSS 15.0 (2006).

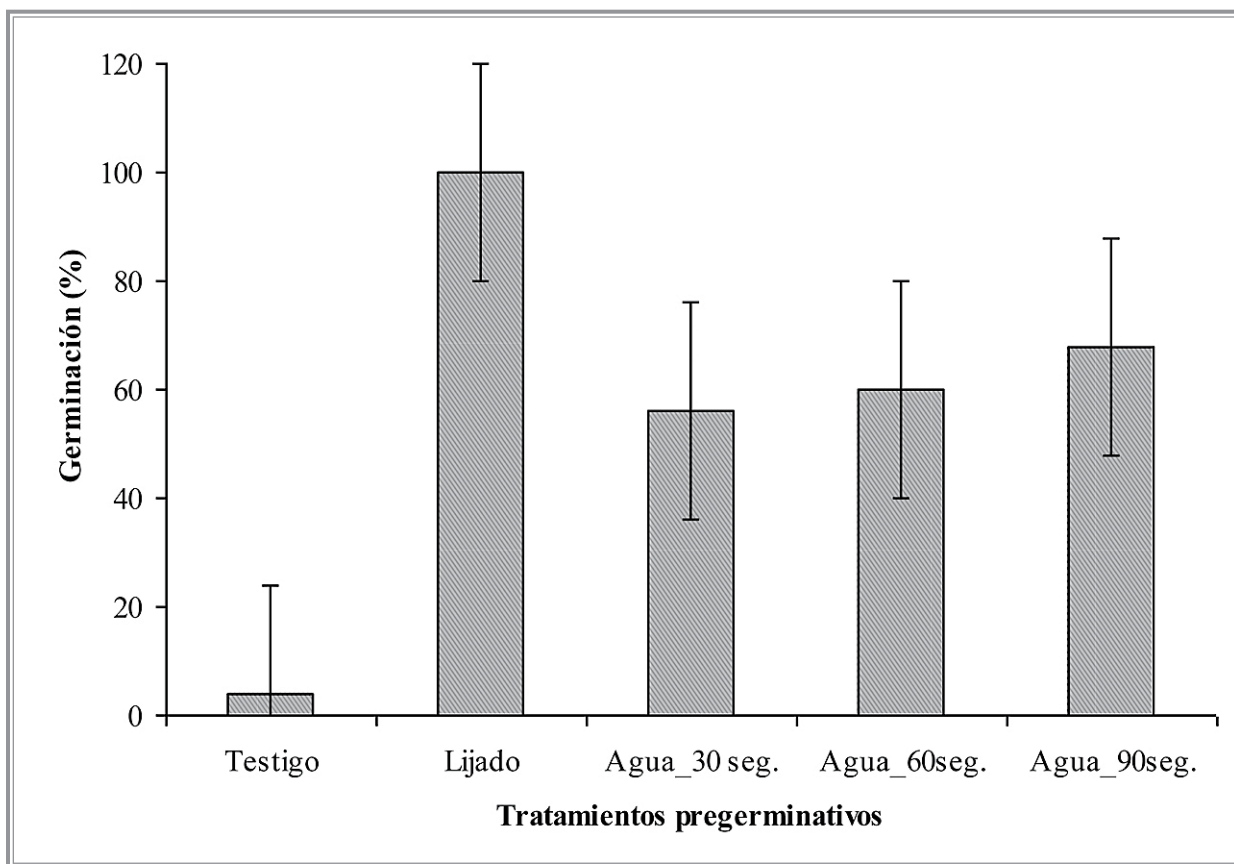


Figura 4 ■ | Porcentaje de germinación final en semillas de *H. courbaril*, sometidas a diferentes tratamientos de escarificación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tratamiento de escarificación mecánica fue el que presentó 100 % de germinación final, seguido de los tratamientos en inmersión en agua caliente, en donde el máximo porcentaje (68 %) se obtuvo a los 90 segundos. Comparado con el testigo todos los tratamientos tienen un efecto positivo en la germinación de las semillas, ya que en éste únicamente se obtuvo el 4 % de germinación (figura 4). Lo que puede indicar que la cubierta de la semilla de *H. courbaril* tienen un efecto sobre la regulación de la germinación, como lo señalan Hartmann y Kester (1994) que las cubiertas de las semillas juegan un papel muy importante en el letargo y Camacho (1994), sugiere que los mejores tratamientos para romper el letargo por cubierta de las semillas es un proceso de escarificación ya sea mecánica o por inmersión en agua caliente. Asimismo, Trujillo (1995) afirma que limar las

cubiertas de las semillas manualmente y sumergirla en agua durante 10 días se obtiene éxito en la germinación en semillas de especies maderables, como *Acacia mearnsii*, *Caesalpinia velutina*, *Cassia grandis*, *Cordia alliodora*, *Ceiba pentandra* y *Brosimum alicastrum*.

De acuerdo al análisis de varianza de la germinación acumulada se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.0001$), lo cual indica que la capacidad germinativa puede ser acelerada por la aplicación de tratamientos pregerminativos (figura 5). Bidwell (2000) señala que la escarificación es un método que puede acelerar la germinación, ya que permite la entrada de agua en semillas que presentan letargo por cubierta dura e impermeable. Arias y Sánchez (1996) indican que el tiempo promedio para que las semillas de *H. courbaril* comiencen a germinar es de 20 días, debido a la cáscara gruesa y leñosa que presentan.

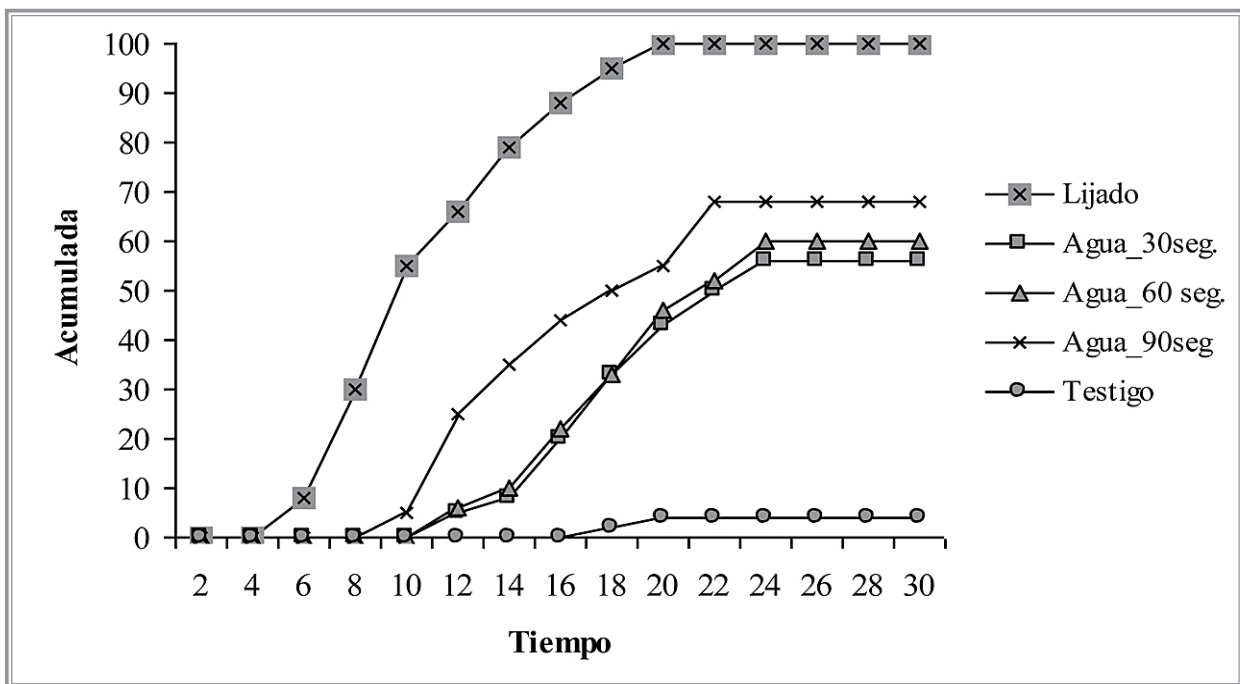


Figura 5 ■ | Germinación acumulada en semillas de *H. courbaril*, sometidas a diferentes tratamientos.

CONCLUSIONES

Los tratamientos pregerminativos en semillas de *H. courbaril* permiten obtener un mayor porcentaje de semillas germinadas en menos tiempo.

La escarificación mecánica por lijado fue el mejor tratamiento para obtener un mayor porcentaje de germinación, así como para acelerar el proceso germinativo en las semillas de *H. courbaril*.

LITERATURA CITADA

ARIAS, D. Y SÁNCHEZ, J., 1996. Condiciones para la viverización de 23 especies maderables nativas de la Zona Sur de Costa Rica. *Boletín Informativo* núm. 6, Proyecto Especies Nativas en la Zona Sur de Costa Rica. 1-4.

BAUTISTA, A.A., 2007. *Manual de ensayos de semillas forestales*, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Coahuila (Sermarnac), Saltillo, Coahuila, México, 34pp.

BIDWELL, R.G.S., 2000. *Fisiología vegetal*, AGT editores, S.A., México, D. F., 784 pp.

CAICEDO, H., 1988. *Evaluación preliminar del crecimiento de 20 especies maderables en la región Lloró-carretera Panamericana, Chocó, Colombia*, Convenio CONIF-Hollandia Codechoco, Bogotá. 102 pp.

CAMACHO, M.F., 1994. *Dormición de semillas; causas y tratamientos*, Trillas, México, 125 pp.

GERHARDT, K., 1994. Seedling Development of Four Tree Species in Secondary Tropical Dry Forest in Guanacaste, Costa Rica. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 39. Uppsala. 44:34-40.

GONZÁLEZ-ZERTUCHE, L. Y A. OROZCO-SEGOVIA, 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: Manfreda Brachystachya. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58: 15-30.

HARTMAN, H. Y KESTER, D.E., 1994. *Propagación de Plantas: principios y prácticas*, CECSA, México, D. F., 760 pp.

MOLINA, M., BRENES, G. y MORALES, D., 1996. *Descripción y viverización de 14 especies forestales nativas del bosque seco tropical*, vol. 1, 1ra. edición, editorial Esfera, Grecia, 134 pp.

SPSS 15.0., 2006. *Statistics and Graphics Guide*, Chicago, Illinois.

TRUJILLO, E., 1995. *Manejo de semillas forestales: guía técnica para el extensionista forestal*, Serie técnica, manual técnico núm. 17, CATIE, Turrialba, 89 pp.

VÁZQUEZ, Y. C., A.I. BÁTIS M., M.I. ALCO-CER S., M. GUAL D. Y C. SÁNCHEZ D., 1999. *Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*, Instituto de Ecología, UNAM.-Conabio, México, D.F., 311 pp.

VEGA, E.C., F. PATIÑO V. Y A.A. RODRÍGUEZ, 1981. "Viabilidad de semillas en 72 especies forestales tropicales almacenadas al medio ambiente", en *Memoria de la Reunión sobre Semillas forestales tropicales*, tomo I, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, SARHSFF, México, D. F., p: 325-345.

Deshidratación osmótica de frutos enteros de Cupapé (*Cordia dodecandra* A.DC., Boraginaceae)

Gabriela Palacios Pola*

Marlon Gerardo Cruz Coutiño*

Rosa Márquez Montes*

Federico Antonio Gutiérrez Miceli**

Miguel Abud Archila**

RESUMEN

La deshidratación osmótica es un método comúnmente utilizado para la conservación de frutos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la temperatura, concentración de sacarosa de la solución y aplicación o no de pulso de vacío sobre la pérdida de agua, ganancia de solutos, cambios de humedad y del diámetro de frutos de cupapé enteros. Frutos enteros de cupapé (*Cordia dodecandra* A.DC.) pelados fueron sometidos a deshidratación osmótica utilizando concentraciones de sacarosa de 40 y 60°Brix, temperaturas de 40 y 60°C y pulsos de vacío de 0, 300 y 600 mbars. La temperatura y el pulso de vacío no tuvieron efecto estadístico significativo a diferencia de la concentración de azúcar que sí tuvo un efecto estadístico significativo ($p < 0.05$) sobre las variables evaluadas.

Palabras Clave: deshidratación osmótica, *Cordia dodecandra*, secado osmótico, Boraginaceae.

ABSTRACT

Osmotic dehydration is a method for fruit conservation. The objective of this paper was to evaluate the temperature, sucrose content

and vacuum pulse effect on water lost, sucrose gain, moisture content and diameter changes of whole fruits of cupape. Whole cupape fruits were peeled and subjected to osmotic dehydration using several solutions containing sucrose concentrations of 40 y 60°Brix. Temperature of solution was controlled at 40 y 60°C and a vacuum pulse of 0, 300 y 600 mbars was applied in the first 10 minutes of osmotic dehydration process. The temperature and vacuum pulse had no effect significantly on variables evaluated. However, sucrose concentration had a significant effect ($p < 0.05$) on water lost, sucrose gain, moisture content and diameter changes.

Key words: osmotic dehydration, water lost, impregnation, *Cordia dodecandra*, Boraginaceae.

INTRODUCCIÓN

En México existe una gran cantidad de hectáreas que requieren estrategias de manejo agroforestal diferentes debido a sus diferentes características en cuanto a suelos y climas, de tal forma que se promuevan los cultivos sustentables que generen mayores ingresos a los agricultores. Bajo esta óptica, una opción es utilizar especies forestales multipropósitos, es decir, que además de aprovechar la madera, existan otros “subproductos” de tal forma que el agricultor tenga ingresos económicos durante los primeros años de crecimiento del árbol antes de

*Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Libramiento Norte Poniente s/n, Colonia Lajas Maciel
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

**Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, División de Estudios
de Posgrado e Investigación, Carr. Panamericana km 1080
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Autor para correspondencia: gabriela.palacios@unicach.mx

poder aprovechar la madera. El cupapé (*Cordia do-decandra* A. DC.) es una especie perteneciente a la familia Boraginaceae, cuyo fruto pequeño mide desde 3 hasta 5cm de largo, con 25-55g de peso fresco, de color amarillo claro, con forma redonda-cónica (Bergmann, 1994), se considera una especie multipropósito ya que se conoce que además de la madera, la cual es muy apreciada para exportación, los frutos son vendidos para hacer un dulce tradicional. La elaboración del dulce tradicional no es más que un proceso de deshidratación osmótica, sin embargo, esta información está poco o no está documentada en revistas de prestigio, por lo que es necesario realizar estudios sobre la deshidratación osmótica de frutos de cupapé.

Diversos autores han planteado la deshidratación osmótica como un método de conservación de diversas frutas y verduras. Ordóñez y López Ortiz (2002) plantearon una alternativa para procesar manzanas osmodeshidratadas en rebanadas con solución de sacarosa de 65°Brix y vitamina C al 2.5% p/p, durante 4 horas a temperaturas de 20, 30 y 40°C y a presión atmosférica y con pulso de vacío. El proceso se estudió en términos de la reducción de peso y de agua, así como la ganancia de solutos. Los resultados mostraron que la presión y la temperatura influyeron en la deshidratación osmótica de rodajas de manzana. La evaluación sensorial no indicó diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, el producto obtenido a partir de una temperatura de 40°C y con pulso de vacío, tuvo mejor aceptación. Existen otras investigaciones que han optimizado el proceso de deshidratación osmótica, como en el caso de la papaya (Zapata *et al.*, 2002) cuyo objetivo fue optimizar la relación jarabe/fruta y la concentración de una mezcla de sacarosa y cloruro de calcio (CaCl_2) para la deshidratación osmótica de láminas de papaya, tratando de maximizar la pérdida de peso, la pérdida de agua y la disminución en la actividad acuosa. Se utilizó un diseño estadístico de superficie de respues-

ta para determinar los niveles óptimos de sacarosa, CaCl_2 y relación jarabe/fruta. Para evaluar el efecto de las variables sobre los parámetros más importantes en deshidratación osmótica se adoptó un diseño factorial central compuesto con seis puntos centrales y seis puntos axiales. Los resultados mostraron que se puede maximizar la pérdida de peso, la pérdida de agua y la disminución de la actividad acuosa si se utiliza un jarabe con una concentración de sacarosa de 57% de 0.55g/100ml y una relación jarabe/fruta de 1:5. Los valores máximos obtenidos fueron pérdida de peso 48.29%; pH de 48.2% y actividad de agua de 6.6% (Zapata *et al.*, 2002).

Debido a la falta de información científica y tecnológica sobre la deshidratación osmótica de cupapé, en este trabajo se evaluó el efecto de las variables del proceso (temperatura, concentración de azúcar y pulso de vacío) sobre los cambios de humedad, pérdida de agua, ganancia de solutos y cambios de tamaño del fruto entero de cupapé (*Cordia dodecandra* A. DC.).

METODOLOGÍA

Los frutos enteros de cupapé fueron cosechados de árboles localizados en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, lavados con agua corriente y jabón comercial, posteriormente fueron almacenados en congelación hasta su utilización. Un día antes de su procesamiento, los frutos congelados fueron pelados y descongelados a temperatura ambiente y luego se sumergieron durante 8 horas en una solución osmótica a diferentes concentraciones de azúcar (40 y 60° Brix) y a temperaturas controladas de 40 y 60 °C. Se utilizó una relación peso de fruto:volumen de solución 1 a 10 con la finalidad de evitar la dilución de la solución osmótica. Durante este tratamiento se tomaron muestras a los 0, 120, 240, 360 y 480 minutos. Los tratamientos osmóticos se llevaron a cabo en un equipo de operación discontinua con posibilidad de control de presión y temperatura. Al inicio de la deshidratación osmótica, se aplicó o no un pulso de vacío de 0, 300 y 600

mbar durante los primeros 10 minutos del proceso restaurando después a la presión atmosférica hasta el término de las 8 horas. Como agente osmótico se emplearon soluciones de sacarosa obtenidas a partir de azúcar comercial grado alimenticio.

El contenido de humedad de las muestras se determinó por triplicado mediante secado de la muestra en estufa a 75°C hasta peso constante con la finalidad de calcular la pérdida de agua y la ganancia de solutos. Para determinar la pérdida de agua de la muestra durante el proceso de deshidratación osmótica se utilizó la ecuación 1 propuesta por (Moreno *et al.*, 2004):

$$PA = \frac{P_0 X_0 - P_1 X_1}{X_0}$$

Donde P_0 es el peso inicial del cupapé (g), P_1 es el peso en gramos del cupapé en el tiempo t y X_0 el contenido inicial de humedad (b.h) y X_1 el contenido de humedad en el tiempo t (b.h).

Para determinar la ganancia de solutos de la muestra durante el proceso de deshidratación se utilizó la ecuación 2 propuesta por (Ochoa y Ayala, 2005):

$$GS = \frac{P_0 MS_0 - P_1 MS_1}{X_0}$$

Donde MS_0 es la fracción de materia seca inicial (g ms.g⁻¹ inicial) y MS_1 es la fracción de materia seca en el tiempo t (g ms.g⁻¹ inicial).

El cambio del contenido de humedad de las muestras ΔX fue evaluado en términos de la ecuación (3):

$$\Delta X = \frac{X_i - X_f}{X_i}$$

Donde X_i es el contenido de humedad inicial de la muestra y X_f el contenido de humedad final en gramos de agua por gramo de muestra fresca.

Para evaluar la variación del diámetro longitudinal del cupapé, un fruto entero fue identificado con la ayuda de un alfiler con punta de color y éste, fue retirado durante cada muestreo de la solución osmótica y se midió el diámetro longitudinal, con la ayuda de un vernier digital (Electronic Digital Caliper).

El diseño experimental utilizado fue multifactorial (24 experimentos) categórico con 2 repeticiones. Las variables de respuestas durante la deshidratación osmótica fueron el contenido de humedad de la fruta, el diámetro ecuatorial y longitudinal de los frutos. La tabla 1 muestra los tratamientos con niveles y subniveles correspondientes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La pérdida de agua y la ganancia de solutos incrementaron ligeramente con la temperatura, esto se

Pulso de vacío (mbars)	Concentración de la solución (°Brix)	Temperatura (°C)
0	40	40
		60
	60	40
		60
300	40	40
		60
	60	40
		60
600	40	40
		60
	60	40
		60

Tabla 1 ■ Diseño experimental multifactor categórico con 3 niveles.

	40°C	60°C	40°C	60°C
Tiempo (min)	PA (g agua/g fruta fresca)		GS (g sacarosa/g fruta fresca)	
0	0.000	0.000	0	0
120	0.157	0.155	0.119	0.117
240	0.192	0.220	0.106	0.136
360	0.205	0.233	0.103	0.138
480	0.239	0.249	0.117	0.151

Tabla 2 ■ Pérdida de agua (PA) y ganancia de soluto (GS), del fruto entero de cupapé, en tratamientos a concentración de solutos constante de 40°brix y a diferentes temperaturas (40°C y 60°C).

40°C				
	40°Brix	60°Brix	40°Brix	60°Brix
Tiempo(min)	Pérdida de agua (g agua/g fruta fresca)		Ganancia de solutos (g sacarosa/g fruta fresca)	
0	0.000	0.000	0.000	0.00
120	0.132	0.087	0.018	0.116
240	0.113	0.093	0.050	0.174
360	0.151	0.087	0.058	0.189
480	0.156	0.068	0.056	0.188
60°C				
0	0.000	0.000	0.000	0.000
120	0.103	0.120	0.012	0.114
240	0.122	0.148	0.063	0.171
360	0.142	0.140	0.061	0.188
480	0.158	0.150	0.053	0.184

Tabla 3 ■ Pérdida de agua (PA) y ganancia de soluto (GS), del fruto entero de cupapé a 40°C y diferentes concentraciones de solutos (40°brix y 60°brix).

demuestra en la tabla 2, la PA varió desde 0.0 hasta 0.239 g de agua/g de fruta fresca en el promedio de los tratamientos de 40° Brix 40°C, y cuando se probó la misma concentración de solutos a 60°C los resultados de PA oscilan entre 0.0 a 0.249; sin

embargo, la GS a 40°Brix y 40°C oscila entre 0.0 a 0.117 g de sacarosa/g de fruta fresca, en tanto que a 60°C varía entre 0.0 a 0.151 g/g. El incremento en la concentración de azúcar provocó el aumento en la pérdida de agua y la ganancia de solutos de

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Efectos Principales					
A: temperatura	0.00450456	1	0.00450456	1.04	0.3240
B: contenido de azúcar	0.0561053	1	0.0561053	13.01	0.0029**
C: pulso de vacío	0.0150285	2	0.00751426	1.74	0.2109
Interacciones					
AB	0.00887811	1	0.00887811	2.06	0.1732
AC	0.00599167	2	0.00299583	0.69	0.5155
BC	0.00449906	2	0.00224953	0.52	0.6046
Residuos	0.0603564	14	0.00431117		
Total (corregido)	0.155364	23			

** Efecto significativo ($\alpha=0.01$). Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Tabla 4 ■ Análisis de Varianza para los cambios del contenido de humedad.

los frutos durante la deshidratación osmótica (tabla 3). Lo anterior es debido a que a altas temperaturas causan una inflamación y flexibilidad en la membrana celular lo que permite que la membrana sea más permeable y facilite la salida del agua y/o la entrada de solutos. Aunado a lo anterior, al incrementar la temperatura la viscosidad de la solución osmótica disminuye lo que permite una mejor transferencia de agua en la superficie del producto (Saputra, 2001) aumentando así la velocidad de transferencia de masa. Estos resultados son semejantes en trabajos sobre deshidratación osmótica de remolacha (Jokic' *et al.*, 2007).

Los resultados del análisis de varianza ($p<0.05$) realizado para los cambios en el contenido de humedad DX se muestran en el tabla 4. La tabla 4 de ANOVA descompone la variabilidad de contenido de humedad en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III, la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que el valor-P para

el contenido de azúcar es menor que 0.05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el cambio de contenido de humedad con un 95.0% de nivel de confianza. Diversos autores, trabajando con diversos frutos como manzana, papaya, mango, melón, así como con rizomas tales como el camote, papa y jícama, entre otros, han encontrado que la pérdida de agua incrementa con el aumento de la concentración de solución osmótica (Abud-Archila *et al.*, 2008; Martínez-Valencia, 2008). Al aumentar el gradiente de concentración entre la solución osmótica y el fruto, se incrementa la fuerza motriz que origina el intercambio de solutos. El empleo de mayores concentraciones en soluciones osmóticas, permite que los efectos de deshidratación e impregnación sean más pronunciados (Genina *et al.*, 2005). Los intercambios de masa son favorecidos al utilizar soluciones de alta concentración. Cortez (1998) obtuvo resultados similares al reducir el tamaño de la partícula del alimento hasta cierto nivel. Al incrementar la concentración de la solución, la proporción de pérdida de agua entre ganancia de solutos se incrementa (Raoult-Wack *et al.*, 1991).

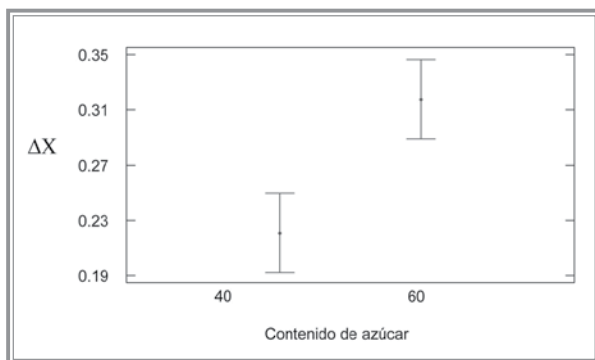


Figura 1 ■ | Efecto del contenido de azúcar sobre los cambios en el contenido de humedad del cupapé entero.

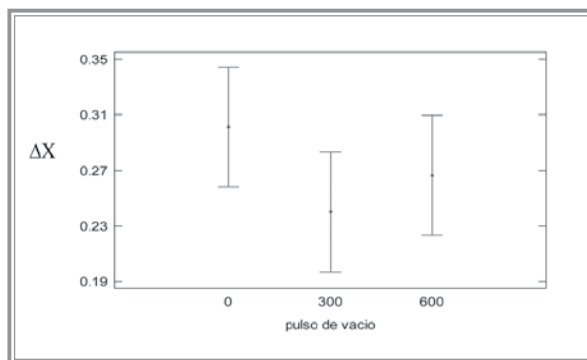


Figura 2 ■ | Efecto del pulso de vacío sobre los cambios en el contenido de humedad del cupapé entero.

En algunos estudios, se ha reportado que el uso de soluciones concentradas aumenta la lixiviación de componentes de frutas solubles en agua que no se desean remover (Heng *et al.*, 1990). Sin embargo, es posible prevenir los efectos no deseables al ajustar la concentración de solutos en la solución.

Teles (2006) trabajó con melón utilizando sacarosa y comprobó que la concentración de la solución osmótica influye en el proceso. El incrementar la concentración de la solución permite aumentar el coeficiente de transferencia de masa entre la fruta y la solución osmótica debido principalmente a un incremento en el gradiente de presión osmótica.

La temperatura y la aplicación del pulso de vacío no tuvieron un efecto estadístico significativo sobre los cambios del contenido de humedad. Lo anterior podría ser debido a que se trabajaron con frutos enteros de aproximadamente 7 centímetros de diámetro con poca superficie de intercambio, aunado al tiempo relativamente corto de proceso. Algunos autores han trabajado con procesos de impregnación de hasta 23 horas. Por ejemplo, Ríos *et al.* (2005) deshidrataron osmóticamente papaya en trozos usando cuatro agentes edulcorantes, a 79°Brix, 20°C y 23 horas de inmersión. Los resultados indicaron que, la máxima transferencia de masa ocurrió en las primeras cuatro

horas del proceso, y la máxima pérdida de agua del producto alcanzada, fue de 32%, con un contenido de humedad final, en los frutos de papaya osmodeshidratada de 41.3 % en base húmeda.

La figura 1 muestra la prueba de medias, en donde se observa que el cambio en contenido de humedad incrementa con el incremento del contenido de azúcar. La tabla 4 mostró también que el pulso de vacío no tuvo efecto estadístico significativo. El pulso de vacío es un factor importante para la transferencia total de masa entre la solución osmótica y la fruta. Estudios realizados demuestran un aumento en la pérdida de agua, conduciendo a un alto grado de deshidratación y tiempos de procesos más cortos con un pulso de vacío (Fito y Chiralt 1994; Shi *et al.*, 1995). En el proceso de deshidratación osmótica el pulso de vacío en tiempos cortos (unos minutos), tiene un efecto positivo en la cinética de transferencia de masa y en la calidad de la fruta para el caso de diferentes frutos (Fito y Chiralt, 2000). La impregnación a vacío implica el intercambio del gas que se encuentra en los poros del fruto por el fluido externo (Fito *et al.*, 1995) permitiendo trabajar a temperaturas moderadas, preservando así la calidad del producto. La aplicación de vacío condicionada a períodos de tiempos cortos (5 a 10 minutos), seguidos por períodos a pre-

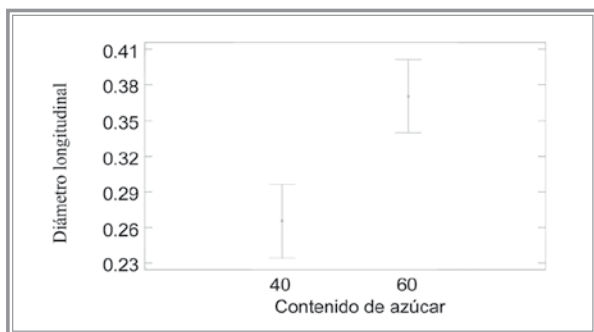


Figura 3 ■ Efecto del contenido de azúcar sobre los cambios en el diámetro longitudinal del cupapé entero. Azúcar.

sión atmosférica tiene varias ventajas; entre otros una transferencia total más rápida (Fito y Chiralt, 1994) y ahorro de energía (Fito *et al.*, 1997). Sin embargo, la prueba de medias indicó que en el caso del cupapé no hubo efecto estadístico significativo (figura 2).

En la tabla 5 se muestra el análisis de varianza para el diámetro longitudinal del cupapé entero después de 480 minutos de proceso. En esta tabla 5 se observa, que únicamente el contenido de azúcar mostró tener un efecto estadístico significativo con un 95.0% de nivel de confianza. La prueba de medias muestra

que al incrementar el contenido de azúcar aumenta el incremento en la disminución del diámetro longitudinal del cupapé (figura 3).

Los cambios en el diámetro longitudinal del fruto de cupapé pueden ser explicados debido a que durante la deshidratación osmótica el fruto pierde humedad con una tendencia al encogimiento. Dicho encogimiento fue proporcional con el incremento de la concentración de la solución osmótica.

Agradecimientos

A la Dirección General de Educación Superior Tecnológica por el financiamiento del proyecto 2359.09-P.

CONCLUSIONES

La pérdida de agua y ganancia de solutos evaluadas durante la deshidratación osmótica del fruto entero de cupapé, fueron afectadas por la temperatura y se encontró que este efecto es mayor que la ganancia de solutos. La pérdida de agua y ganancia de solutos evaluadas durante la deshidratación osmótica del fruto entero de cupapé, fueron afectadas por la concentración de solutos. La concentración de solutos, la temperatura y el pulso de vacío ejercen un efecto

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: temperatura	0.00708984	1	0.00708984	1.42	0.2539
B: contenido de azúcar	0.0663076	1	0.0663076	13.24	0.0027**
C: pulso de vacío	0.0136288	2	0.00681442	1.36	0.2884
Interacciones					
AB	0.0110039	1	0.0110039	2.20	0.1604
AC	0.00874157	2	0.00437079	0.87	0.4394
BC	0.00645026	2	0.00322513	0.64	0.5401
RESIDUOS	0.0701156	14	0.00500826		
Total (corregido)	0.183338	23			

** Efecto significativo ($\alpha=0.01$). Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Tabla 5 ■ Análisis de Varianza para el diámetro longitudinal del cupapé entero.

directo sobre la deshidratación osmótica, relacionada con la pérdida de agua y ganancias de solutos de frutos enteros de cupapé (*Cordia dodecandra* A. DC.).

LITERATURA CITADA

ABUD-ARCHILA, M., D.G. VAZQUEZ-MANDUJANO, M.A. RUIZ-CABRERA, A. GRAJALES-LAGUNES, M. MOSCOSA-SANTILLAN, L.M.C. VENTURA-CANSECO, F.A. GUTIERREZ-MICELI y L. DENDOOVEN, 2008. Optimization of Osmotic Dehydration of Yam Bean (*Pachyrhizus erosus*) Using an Orthogonal Experimental Design. *Journal of Food Engineering*, 84, 413-419.

BERGMANN C, 1994. Site factors, Foliar Nutrient Levels and Growth of *Cordia Alliodora* Plantations in the Humid Lowlands of Northern Costa Rica. *Plant and Soil* 166: 193-202.

CORTEZ O, 1998. Efecto de las películas de quitosano sobre la transferencia de masa en la deshidratación osmótica de papaya. Tesis maestría, Universidad de las Américas Puebla-México.

FITO, P. y A. CHIRALT, 1994. Modeling of Vacuum Osmotic Dehydration of Food. *Journal of food Engineering*, 22 : 313-328.

FITO P. y A. CHIRALT, 2000. "Vacuum Impregnation of Plant Tissues", Chapter II, en *Minimally Processed Fruits and Vegetables. Fundamentals Aspects and Applications*. Alzamora S. Tapia M. y Lopez Malo A. Aspen Publication.

FITO P., A. CHIRALT y Q. SHI, 1995. Influence of Vacuum Treatment on mass Transfer During Osmotic of Fruits. *Food Research International*, 28: 445-454.

FITO P., A. CHIRALT, A. ANDRÉS, N. MARTINEZ-NAVARRETE, 1997. *Deshidratación osmótica de alimentos*. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia.

GENINA S.P. y M.S. ALTAMIRANO, 2005. Deshidratación osmótica de prismas de camote, manzana y papa. *Revista de ciencia y Tecnología América*, 30(8): 485-487.

HENG W. y J.J. GILBERT, 1990. "Osmotic Dehydration of Papaya: Influence of Process Variables on the Quality. *Sciences Aliments*". 10, 831-848. citado por Torregiani, D. 1996. "Technological aspects of osmotic dehydration in foods", en *Food Preservation by Moisture Control. Fundamentals and Applications*. Editado por Barbosa Canovas G., Welti Chanes J. Technomic publishing company. Pennsylvania.

JOKIC' A., J. GYURA, L. LEVIC' y Z. ZAVARGO, 2007. Osmotic Dehydration of Sugar Beet in Combined Aqueous Solutions of Sucrose and Sodium Chloride. *Journal of Food Engineering*, 78: 47-51.

MARTINEZ-VALENCIA B.B, 2008. *Transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de melón (Cucumis melo) cantaloupe*. Tesis maestra en Ciencias en Ingeniería Bioquímica, Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

MORENO J, G. BUGUEÑO, V. VELASCO, G. PETZOID y G. TABILO-MUNIZAGA, 2004. Osmotic Dehydration and Vacuum Impregnation on Physicochemical Properties of Chilean Papaya. *Journal of Food Science*, 69(3): 102-106.

OCHOA-MARTINEZ E y A. AYALA, 2005. Modelos matemáticos de transferencia de masa en deshidratación osmótica. *Ciencia Tecnología Alimentaria*, 4(5): 330-342.

ORDOÑEZ P. y O. LOPEZ-ORTIZ, 2002. Efecto de la presión y de la temperatura en la elaboración de hojuelas de manzana variedad Anna. *NOOS*, 15: 85-99.

RAOULT-WACK A.L., S. GUILBERT, M. LEMAGUER y G. RIOS, 1991. Simultaneous Water and Solute Transport in Shrinking Media. Application to Dewatering and Impregnation Soaking Process. *Drying Technology* 9: 613-630.

RIOS P.M., C.J. MARQUEZ y H. CIRO, 2005. Deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaiana en cuatro agentes edulcorantes. *Revista Facultad Nacional Agraria de Medellín*, 58: 2989-3002.

SAPUTRA D, 2001. Osmotic Dehydration of Pineapple. *Drying Technology*, 19: 415-425.

SHI Q., P. FITO y A. CHIRALT, 1995. Influence of Vacuum Treatment on Mass Transfer During Osmotic Dehydration of Fruits. *Food Research International*, 28, 445-454.

TELES U., F.A.N. FERNANDES, S. RODRIGUEZ, A.S. LIMA, G.A. MAIA y R.W. FIGUEIREDO, 2006. Optimization of Osmotic Dehydration of Melons Followed by Air-drying. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(6): 674-680.

ZAPATA-MONTOYA J., M. CARVAJAL y N. OSPINA, 2002. Efectos de la concentración de solutos y la relación jarabe/fruta sobre la cinética de deshidratación osmótica de papaya en láminas. *Revista Interciencia*, 27 (5): 236-242.



Evaluación biológica de alimentos nutricionalmente mejorados en ratas Wistar

Rosa Márquez Montes
Leticia Irene Altúzar Carpio
Guadalupe Villanueva Carrillo
Gabriela Palacios Pola

RESUMEN

Existen varios métodos para evaluar la calidad proteica de los alimentos y están relacionados con la eficiencia con la que son usados para la síntesis y mantenimiento de la proteína tisular. Los métodos biológicos se fundamentan en el crecimiento de ratas destetadas. La aplicación de los valores de los ensayos biológicos en ratas, con respecto a la nutrición proteica es mayormente de tipo cualitativo. El objetivo del presente estudio fue evaluar a través de pruebas biológicas en ratas, el valor nutricional de los insumos proteicos utilizados en un desayuno escolar dirigido a niños en etapa preescolar y escolar. Cabe mencionar que los insumos proteicos están compuestos básicamente por mezclas de harinas de cereales (harina de maíz, avena, trigo, plátano y soya) adicionadas con mezclas de vitaminas y minerales.

Palabras clave: Insumos proteicos, evaluación biológica, digestibilidad de materia seca, digestibilidad de nitrógeno aparente, relación de eficiencia proteica.

ABSTRACT

Several methods exist to evaluate the quality protein of the food and are related to the efficiency to the one that they are used for

the synthesis and maintenance of the protein cell. The biological methods are based on the growth of weaned rates. The application of the values of the biological tests in rates, with regard to the nutrition is mainly of qualitative type. The present study was to evaluate across biological tests in rates, the nutritional value of the inputs used in a school breakfast directed children in pre-school and school stage. It is necessary to mention that the inputs are composed basically by mixtures of flours of cereals (Flour of corn, Oats, Wheat, Banana and Soy bean) added with mixtures of vitamins and minerals.

Key words: Input protein, evaluation biological, DM sec, DN ap, PER.

INTRODUCCIÓN

El estado nutricional es un indicador de la vida, que en zonas rurales y marginadas se presentan con más claridad. Los factores económicos, sociales, disponibilidad de alimentos además de los pocos conocimientos sobre la alimentación y nutrición adecuada de los individuos, conlleva a la necesidad urgente de desarrollar nuevas investigaciones sobre alimentos mejorados proteínicamente para fortalecer la dieta de la población infantil. El estado de nutrición del individuo depende, en última instan-

*Escuela de Nutrición, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente No. 1150, Colonia Lajas Maciel, CP. 29000. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
rosa.marquez@unicach.mx
gabriela.palacios@unicach.mx
lupitaveintiocho@hotmail.com

cia, del tipo de alimento que ingiere, la evaluación de la dieta resulta ser un indicador apropiado. Debido a este grave problema de salud, se han realizado muchos estudios, con el objetivo de encontrar una solución que ayude a que la desnutrición se pueda controlar y que los casos disminuyan en nuestro país (*Programa de atención de menores de cinco años, DIF*). A raíz de este problema de salud pública, el gobierno ha implementado programas alimenticios con la finalidad de mejorar el estado de salud principalmente en niños, para lo cual se desarrolló y se implementa en la actualidad el *Programa de desayunos escolares*; éste fue creado como resultado de la información proporcionada por organismos de sector salud, en estos datos (Ensanutef, 2006), se menciona que la población de niños menores de 10 años, manifiestan algún grado de desnutrición, esto es particularmente grave en algunos grupos sociales que viven en condiciones de marginación.

Hoy en día para la medicina experimental, la rata y el ratón son modelos que ofrecen muchas ventajas con respecto a otros, éstas son: al tratarse de un mamífero, una gran parte de sus procesos bioquímicos son similares al hombre, tienen un tiempo generacional muy corto, son muy prolíficos y se adaptan fácilmente a la vida en los bioterios, lo que permite controlar las variables ambientales en las experimentaciones. Comparte con el hombre el privilegio de ser la especie de mamífero mejor estudiada desde el punto de vista genético. Existen varios métodos para evaluar la calidad proteica de los alimentos y están relacionados con la eficiencia con la que son usados para la síntesis y mantenimiento de la proteína tisular. Los métodos biológicos se fundamentan en el crecimiento de ratas destetadas. La aplicación de los valores de los ensayos biológicos en ratas, con respecto a la nutrición proteica es mayormente de tipo cualitativo. El objetivo del presente estudio fue evaluar a través de pruebas biológicas en ratas, el valor nutricional de los insumos proteicos utilizados en un desayuno

escolar dirigido a niños en etapa preescolar y escolar. Cabe mencionar que los insumos proteicos están compuestos básicamente por mezclas de harinas de cereales (harina de maíz, avena, trigo, plátano y soya) adicionadas con mezclas de vitaminas y minerales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación es de tipo experimental, de corte longitudinal prospectivo, el universo de estudio fue 30 ratas machos y hembras de la cepa Wistar. Los criterios de inclusión son: ratas destetadas de 21 días de vida, procedentes de la misma camada, seleccionadas por sexo, los criterios de exclusión fueron; ratas que no cumplieran con la edad establecida de 21 días de nacimiento y que no pertenecieran a la camada.

La elaboración del alimento se realizó en el laboratorio de dietética y el análisis proximal de heces en el laboratorio de análisis y tecnología de alimentos de la Escuela de Nutrición, Unicach. El seguimiento de la evaluación biológica (incorporación del alimento a las ratas) se realizó en el bioterio de la Facultad de Ciencias Biológicas, Unicach.

Procedimiento para la elaboración de los alimentos

Se elaboraron tres alimentos, de acuerdo a la composición de las mezclas de harinas para la elaboración de pasta, fritura y base para atole (tabla 1):

Elaboración de *pellets* (porciones en las que se presentan el alimento destinado para animales) a partir de la harina para pasta: se mezclaron las harinas de acuerdo a los porcentajes en el diseño propuesto, se adicionó vitaminas, huevos, aceite, sal y agua, hasta formar una mezcla moldeable. A partir de esta se formaron los *pellets* de aproximadamente 1 centímetro de grosor y 2 centímetros de largo (figura 1), éstos fueron deshidratados en la estufa de secado a una temperatura de 55-60 °C por aproximadamente 12 horas.

Elaboración de *pellets* a partir de la harina para base para atole: se mezclaron las harinas de acuerdo

INGREDIENTES	FRITURA	BASE PARA ATOL	PASTA
Harina de Trigo	-	500 g	700 g
Harina de Soya	250 g	250 g	300 g
Harina de Maíz	500 g	-	-
Harina de Amaranto	-	25 g	-
Harina de Avena	250 g	-	-
Harina de Plátano	-	100 g	-
Leche en Polvo	-	100 g	-
Chocolate en Polvo	-	80 g	-
Azúcar	-	1280 g	-
Sal	6 g	-	22,5 g
Clara de Huevo	-	-	9 pzas.
Aceite	-	-	7 cdas.
Vitaminas	1.4 g	1.8 g	1.4 g
Antioxidante	4 g	-	-
Conservador	6.2 g	6.2 g	6.2 g

Fuente: Cruz, 2009. Diseño de un desayuno escolar nutricionalmente mejorado dirigido a niños preescolares y escolares. UNICACH, Tuxtla Gutiérrez. Escuela de Nutrición. Junio 2009.

Tabla 1 ■ Ingredientes en 1000 gramos de alimento.

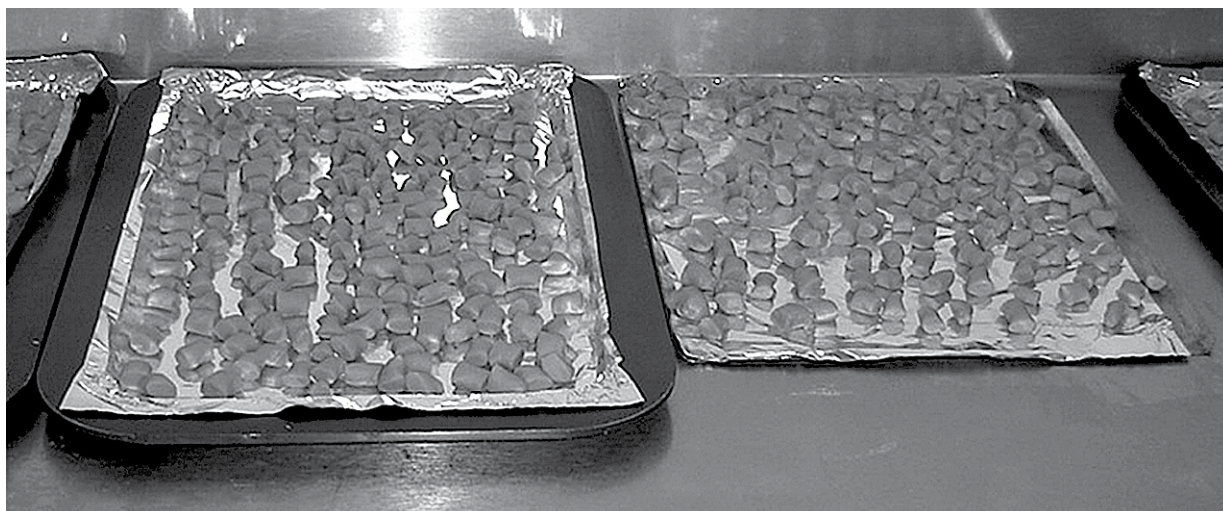


Figura 1 ■ | Pellets elaborados, a partir de las mezclas de harina para procesar pasta, frituras y base para atol.



Figura 2 ■ | *Rattus Narvegicus Albinus*.



Figura 3 ■ | Ratas Wistar, destetadas Cepa Wistar

a los porcentajes en el diseño propuesto, se adicionó harina de plátano en una proporción del 10 % con respecto al 100 % de la proporción de las harinas, leche en polvo, chocolate, azúcar, vitaminas y conservadores. Se adicionó agua hasta formar una mezcla moldeable, a partir de esta se formaron los *pellets* de aproximadamente 1 centímetro de grosor y 2 centí-

metros de largo, estos fueron secados en la estufa de secado a una temperatura de 55-60 °C por aproximadamente 12 horas.

Elaboración de *pellets* a partir de harina para fritura: se mezclaron las harinas de acuerdo a los porcentajes en el diseño propuesto, se le agregó sal y agua. A partir de esta mezcla se elaboraron *pellet's* de aproximadamente 1 centímetro de grosor y 2 centímetros de largo, estos fueron secados en la estufa de secado a una temperatura de 55-60°C por aproximadamente 12 horas.

Evaluación biológica

Las ratas utilizadas fueron de la especie *Rattus narvegicus albinus* cepa Wistar (figura 2), destetadas de 21 días de nacidas y todas procedieron de la misma camada (figura 3), con un peso aproximado de 20 o 25 g. Las 30 ratas seleccionadas se agruparon en 3 grupos de acuerdo al tipo de alimento proporcionado y en subgrupos de acuerdo al sexo, se identificaron 6 testigos a los cuales se les proporcionó el alimento que comúnmente consumen. Cada una fue colocada en en una caja de polietileno con cama de aserrín de pino previamente cernido en colador número 9 y esterilizado por dos horas en la estufa de secado a 60°C (el tamaño del aserrín permitió que la colecta de heces fuera más eficiente). A cada caja se le colocó una rejilla en donde se monto el bebedero y el alimento. Las cajas fueron rotuladas con etiquetas en donde se identificaron por sexo, tipo de alimento, peso de la rata, peso de heces y nombre del proyecto. Las condiciones de temperatura que se mantuvieron en el área experimental fueron entre $26^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$.

Monitoreo de peso corporal, consumo de alimento y eliminación de heces

Peso corporal. El monitoreo se realizó cada semana, para ello cada rata fue colocada en un inmovilizador, posteriormente se peso en una bascula electrónica (fi-

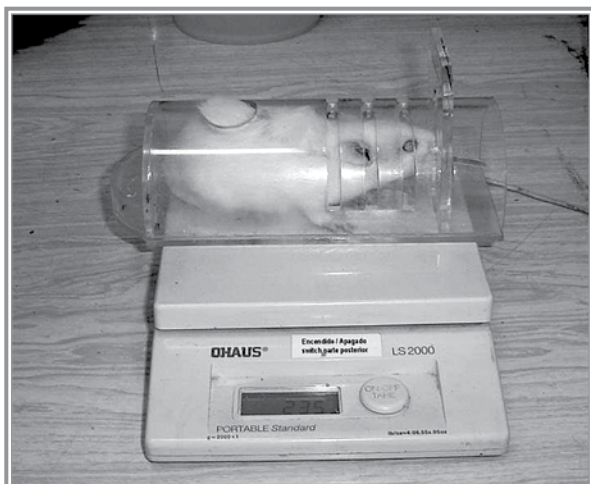


Figura 4 ■ | Determinación del peso de la Rata.

gura 4) y por diferencia de peso con respecto al peso del immobilizador, se determina el peso de la rata:

Peso de rata = Peso de rata con immobilizador - Peso del immobilizador

Consumo de alimento: Inicialmente a cada rata se le proporcione 100 g de alimento correspondiente, al finalizar la semana o cuando fuera necesario se les agregó alimento suficiente para su alimentación. Posteriormente se cuantificó el alimento consumido por semana (figura 5).

Recuperación de heces. La recolección de heces se realizó al finalizar cada semana, para ello se utilizó el aserrín utilizado como cama de la rata con un tamiz # 9. El tamaño de la abertura de la malla permitió la recolección de las heces y evitó el paso del aserrín. Posteriormente las heces fueron secadas en la estufa a 60 ° por aproximadamente 12 horas.

Cálculo de los Indicadores de calidad proteica

PER (Relación de Eficiencia Proteica). Se calculó a partir de la determinación del aumento de peso en



Figura 5 ■ | Alimentación de la Rata.

gramos de las ratas con respecto al consumo del alimento en gramos multiplicado por el porcentaje de proteína del alimento correspondiente, empleando la siguiente expresión

*PER = Aumento de peso (g) / Consumo de alimento (g) * % de proteína*

DMsec (Digestibilidad de Materia Seca). La digestibilidad de materia seca se obtuvo de la relación del alimento total consumido menos el peso de las heces excretadas con respecto al alimento total consumido empleando la siguiente expresión:

*DM sec = (Alimento total consumido - Peso de heces / Alimento total consumido) * 100*

Digestibilidad de Nitrógeno Aparente (DNap). Se obtuvo de la relación del nitrógeno del alimento consumido menos el nitrógeno de heces con respecto al nitrógeno consumido, expresado en porcentaje. Se asume que del total del nitrógeno de la dieta, lo que no se absorbe en la digestión por el organismo se que-

ALIMENTO	PESO INICIAL	PESO FINAL
Fritura	84.1	161.2
Pasta	27.9	106.5
Base para Atol	26.4	135.0
Testigos (Harlan Tekland Global)	59.6	230.9

Tabla 2 ■ Promedio de peso final de las ratas evaluadas.

da en las heces. Para determinar el valor de digestibilidad de nitrógeno aparente en una dieta se requiere calcular el contenido de nitrógeno del alimento; el alimento total consumido, el nitrógeno en heces y el peso total de heces empleando la siguiente expresión:

$$DN\ apa = (\% \text{ Alimento consumido} - \% \text{ de nitrógeno en heces} / \% \text{ de nitrógeno en alimento consumido}) * 100$$

Análisis proximal de heces

Análisis proximal: determinación de extracto etéreo y proteína cruda por el método de microkjeldahl según las técnicas analíticas de la AOAC (1984). Todas las determinaciones se realizaron por duplicado.

RESULTADOS

En la tabla 2, se muestra el incremento de peso de las ratas durante el período de evaluación que fue de 6 semanas. Se observa el incremento de peso de aproximadamente el doble para los tratamientos evaluados, sin embargo, que para el grupo control (Harlan Teklan Global) el aumento de peso fue de cuatro veces mayor al peso inicial. Estas diferencias pueden deberse a la composición de los alimentos y a su asimilación.

En la tabla 3, se muestran los resultados obtenidos del porcentaje de DMsec de las dietas experimen-

% Digestibilidad de Materia Seca			
Dieta	Hembras	Machos	Mixto
Fritura	87.96	86.31	87.13 ^a
Pasta	89.18	87.68	88.43 ^a
Base para atol	88.08	87.87	87.97 ^a
Harlan Tekland Global (Testigo)	63.83	72.17	68.00 ^b

Tabla 3 ■ Porcentaje de Digestibilidad de Materia Seca (DMsec).

tales como son fritura, pasta y base para atole. Esta respuesta indica el porcentaje de materia seca asimilada con respecto a la cantidad de heces defecadas por las ratas. La respuesta con respecto al efecto de la ingesta de los alimentos evaluada por alimento en ambos sexos fueron analizadas mediante un análisis de varianza (ANOVA One Way, P=95%), los resultados indican que sí hubo diferencia significativa entre el testigo y las respuestas por tratamiento (gráfica 1), esto significa que entre los tratamientos la cantidad de materia seca digerida y defecada por las ratas es

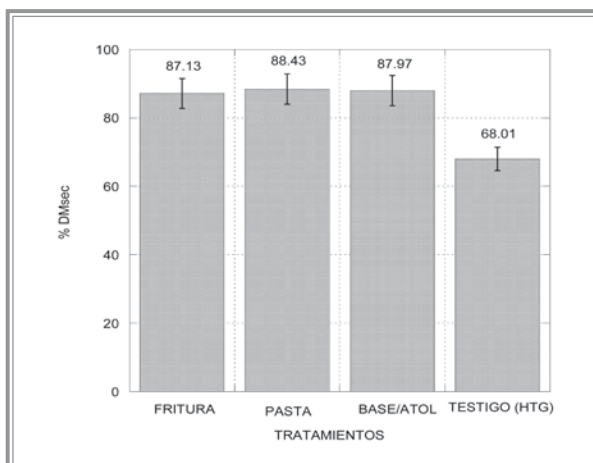
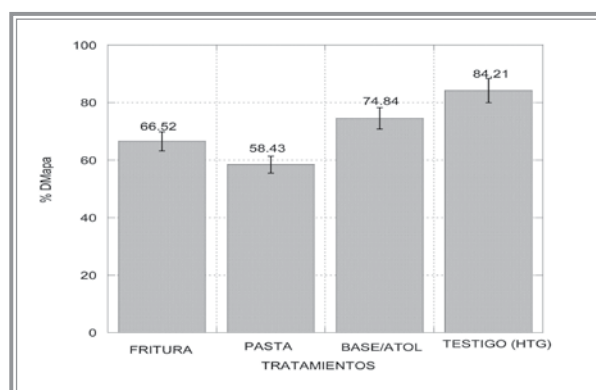


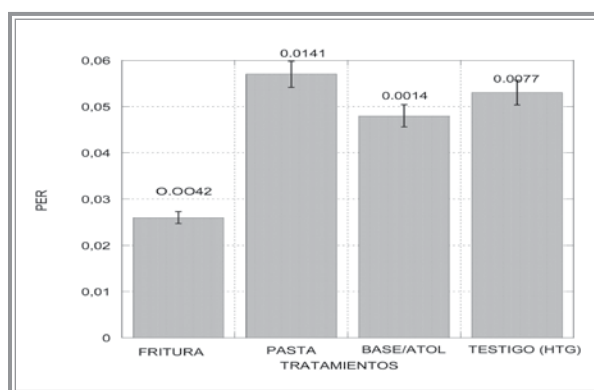
Gráfico 1 ■ Porcentaje de Digestibilidad de Materia Seca (DMsec).

Dieta	% Digestibilidad de Nitrógeno Aparente		
	Hembras	Machos	Mixto
Fritura	71.73	61.31	66.52 ^a
Pasta	69.82	47.04	58.43 ^a
Base para atol	65.08	84.00	74.84 ^a
Harlan Tekland Global (Testigo)	86.55	92.39	84.21 ^a

Tabla 4 ■ Digestibilidad de Nitrógeno Aparente (DNapa).



Gráfica 2 ■ Porcentaje de Digestibilidad de Nitrógeno Aparente (DNapa).



Gráfica 3 ■ Relación de Eficiencia Proteica (PER).

muy semejante, esto pudiera deberse a la composición de los alimentos ya que no hay mucha variación en el contenido proteico y en la composición de las harinas con las que fueron elaboradas, de acuerdo a la bibliografía consultada (Falcón *et al.*, 2006). Este porcentaje es superior al reportado, sin embargo, a pesar de que más del 80% del alimento fue asimilado no se observa un incremento considerable en el peso de las ratas en promedio comparado con el testigo (tabla 2), el cual sí se ve reflejado un aumento considerable de peso, pero esto se relaciona con la cantidad de alimento consumido que es superior comparado con el promedio de alimento consumido en los tratamientos evaluados. Se concluye para este análisis que el alimento si fue asimilado por las ratas, sin

embargo, la cantidad de alimento consumido no fue suficiente para observar un incremento considerable en el peso comparado con el testigo.

En la tabla 4, se muestran los resultados obtenidos del porcentaje de DNapa de las dietas experimentales comparados con el testigo, este resultado indica el porcentaje de nitrógeno absorbido calculado de la relación contenido de nitrógeno presente en el alimento consumido y contenido de nitrógeno presente en las heces desechadas por las ratas, la diferencia indica el porcentaje de nitrógeno absorbido por las ratas. Los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA One Way, P=95%), éstos muestran que no existen diferencias significativas de DNapa entre el testigo y los tratamientos (gráfi-

Dieta	PER		
	Hembras	Machos	Mixto
Fritura	0.023	0.029	0.026
Pasta	0.047	0.067	0.057
Base para atol	0.047	0.049	0.048
Harlan Tekland Global	0.048	0.059	0.053

Tabla 2 ■ Relación de Eficiencia Proteica (PER).

ca 2), lo que pone de manifiesto es que las proteínas que componen los 4 alimentos es asimilada por las ratas de la misma manera. Por lo anterior se puede concluir que a pesar de la diferencia en cantidad de alimento ingerido y así también en su composición, las ratas digieren más del 50% del nitrógeno presente en los alimentos

En la tabla 5, se muestran los resultados obtenidos de PER, este resultado indica la cantidad de proteína asimilada y su relación con el incremento de peso de las ratas, los resultados fueron analizados por grupo para ambos sexos (mixto) mediante un análisis de varianza (ANOVA One Way, P=95%). Éstos también muestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo (gráfica 3), lo que se concluye con este indicador de calidad proteica es que las ratas absorben la proteína de los alimentos indistintamente, por tanto, cualquiera de los 4 alimentos pueden ser consumidos y su efecto con respecto a la ganancia en peso será muy semejante.

CONCLUSIONES

Los resultados de los indicadores de calidad proteica como DMsec indican que sí hay diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo, ya que la relación de la cantidad de materia seca asimilada y defecada son muy semejantes entre sí debido a que no hubo variación en el contenido proteico; sin embargo, más del 80% de la materia seca fue asimilada. Con respecto al indicador DNapa no existe diferencias significativas entre tratamiento y testigo, a pesar

de ello más del 50% de nitrógeno contenido en los alimentos fue asimilado como lo muestran los resultados obtenidos. Finalmente, con el indicador PER el incremento del peso y la cantidad de proteína que asimilaron las ratas no hubo diferencias significativas entre tratamiento y testigo. Sin embargo, sí hubo diferencia en la ganancia de peso entre ellos aunque estadísticamente no es significativa la diferencia. La presentación y la textura de los alimentos elaborados no favorecieron el consumo debido a que estos eran muy duros y, por tanto, difíciles de manipular por las ratas, por lo que es necesario en futuras investigaciones utilizar un tipo de ablandador de alimentos e instrumentos para la elaboración de *pellets*.

LITERATURA CITADA

CASANUEVA, E., M. KAUFER HORWITZ., A.B. PEREZ LIZAURO. Y P. ARROYO, 2005. *Nutricología Médica*, 2ª edic. Editorial Médica Panamericana, 212 pp.

CRUZ B., 2009, *Diseño de un desayuno escolar nutricionalmente mejorado dirigido a niños preescolares y escolares*, Unicach.

FALCÓN-VILLA M. R., YÁÑEZ-FARÍAS G. A. y BARRÓN-HOYOS J. M., 2006. Efecto del sexo de la rata (*Sprague dawley*) sobre la digestibilidad y razón neta de proteína en alimentos de distinta calidad proteica. *rev. Chilena de Nutrición* 33 (3):1-10.

KIRK, R., SAWYER, S. y EGAN, R., 2006. “Cereales y Harinas”, en *Composición y Análisis de alimentos*, México, Continental, 312 pp

LÓPEZ, P., SÁNCHEZ, I. y ROMÁN, A., 2006. Evaluación biológica de la calidad proteica de diferentes variedades de cebada (*Hordeum sativum jess*) cultivadas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala, México. *revista chilena de nutrición* 33 (1): 1-12.

MATUTE, L., SAN MARTÍN, F., ARBAIZA, T. y CARCELÉN, F., 2003. Digestibilidad del camote y su efecto sobre la digestibilidad de concentrados usados en la alimentación de perros. *revista de investigaciones veterinarias del Perú*, 14 (1): 1-15

NOM-147-SSA-1., 1996. Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, resultados por entidad federativa*, 2006, *Programa Nacional de Salud*. 2000. Secretaría de Salud.



Gestión del agua en el distrito de riego número 101, Cuxtepeques, la Concordia, Chiapas

Daisy Escobar Castillejos*
Adriana Caballero Roque**
Hugo A. Guillén Trujillo*

RESUMEN

La gestión del agua para el desarrollo sustentable requiere del diseño e implementación efectiva de políticas socialmente aceptadas y respaldadas por todos los actores involucrados en su región natural de ocurrencia, la cuenca. Los conceptos de gestión del agua como recurso común involucran su disponibilidad y calidad (sustentabilidad ecológica), a las instituciones (eficiencia económica) y a los usuarios (equidad social). Con la finalidad de conocer el uso, manejo y disposición del agua e incrementar la participación de los usuarios en el análisis de los problemas y la conservación de la misma se implementaron talleres de planeación participativa (ZOPP) en el Distrito de Riego No. 101, Cuxtepeques, La Concordia, Chiapas; como un primer paso hacia la Gestión Integral de la Cuenca.

Palabras clave: agua, comunidad, desarrollo sustentable

ABSTRACT

Water management for sustainable development requires effective design and implementation of socially accepted policies. Each policy has to be supported by all actors involved in its natural occurrence region, the basin. The water management concepts as a common resource involved institutions (economic efficiency) and

users' (social equity) availability and quality (ecological sustainability).

In order to study the use, handling and disposal of water and increase user involvement in the analysis of problems and basin's conservation, participatory planning workshops (ZOPP) were implemented in Distrito de Riego No. 101, Cuxtepeques, La Concordia, Chiapas, as a first step towards Integrated Watershed Management.

Key Words: water, community, sustainable development.

INTRODUCCIÓN

Chiapas junto con Tabasco son los estados a nivel nacional que cuentan con la mayor disponibilidad de agua por habitante al año, sin embargo, junto con Oaxaca ocupan uno de los índices más altos de mortalidad infantil por enfermedades intestinales, debido a la baja cobertura de agua potable, que impide a miles de mexicanos acceder a agua de calidad para el consumo y uso diario (IMSS, 1992). Diversos estudios (Herrero *et al.*, 2000, Osorio y Espinoza 2002, Arellano, 2005) han evidenciado un pobre conocimiento por parte de la población sobre la incidencia en la salud, los riesgos de contaminación y las vías para eliminar o reducir los contaminantes presentes, limitándose al análisis de la calidad

* Facultad de Ingeniería. UNACH.
Blvd. Belisario Domínguez Km. 1081. Terán
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. daisye@unach.mx. Tel. (961)6150527
** Escuela de nutrición. UNICACH
Libramiento Norte Poniente S/N. Col. Lajas Maciel

del agua. Si bien la participación de la comunidad en procesos que involucran la gestión del agua posee exitosas experiencias en varios países, no es frecuente en México. Hasta el momento no existe una verdadera participación integral de las comunidades en la incipiente gestión de cuencas.

La falta de integración entre las distintas disciplinas que tienen una relación estrecha con el recurso agua y las dificultades del trabajo aislado, se mejoran cuando se genera una visión amplia, multidisciplinaria, sobre este problema. Un camino propicio para descubrir y solucionar problemas se abre cuando se forman grupos que integran disciplinas y quiere actuar con la comunidad (UNESCO, 1991). La apuesta en común, es la condición que posibilita el diálogo para la crítica. Donde los hombres se ven a sí mismos como sujetos, capaces de transformar el mundo y de tomar conciencia acerca de esta relación que establece con los demás y con los objetos del mundo natural y social (Freire, 1998). En este sentido la participación comunitaria intenta dar respuestas ante un proceso de cambio.

Los grados de participación de los grupos involucrados puede ser consecuencia de la utilización de diferentes tipos de metodologías. Cuando logramos que interactúen grupos diferentes y se pone énfasis en el proceso de aprendizaje mutuo para la resolución de un determinado problema se habrá alcanzado el éxito (Mitchell, 1971; Lamble, 1981).

Partiendo que el manejo del recurso agua es uno de los componentes funcionales de la cultura de los grupos sociales, se realizó el estudio "Usos y manejo del agua en el Distrito de Riego no. 101, Cuxtepeques, Chiapas" y la implementación de un taller aplicando el método ZOPP (*Zielorientierte Projekt Planun*), con la finalidad de aprovechar los conocimientos, las ideas y experiencias de los diferentes grupos sociales involucrados en la gestión del agua dentro de la zona de estudio y conocer la relación que pudiera estar presente entre un manejo adecuado del agua, daños

a la salud y las necesidades sociales, económicas y ambientales dentro del área de estudio. Esto debido a que el ZOPP se basa en un principio muy sencillo, se han de resolver o aliviar en sus raíces, es decir en sus causas, los problemas existentes. Por tanto, se analizan los *problemas*, sus *causas* y *efectos* y, sobre esta base, se formulan objetivos factibles y efectivos con la finalidad de manejar de una manera sustentable el recurso agua dentro de las localidades y de esta manera evitar los riesgos a la salud por un uso inadecuado de la misma.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El distrito de Riego no. 101 Cuxtepeques administrativamente se encuentra localizado en el municipio de La Concordia, Chiapas, en la región agrícola de la Depresión Central en la vertiente interior de la Cuenca Superior del río Grijalva, queda comprendido entre las coordenadas 16° 05' 06.86" y 15° 59' 40.80" de latitud norte y 92° 50' 17.48" y 92° 53' 51.27" de longitud oeste, con una elevación media de 531 msnm. El sistema de riego aprovecha los escurrimientos superficiales del río Cuxtepeques, el cual nace en la Sierra Madre de Chiapas y drena sus agua en su valle inferior; cuenta con una presa de almacenamiento con capacidad de 100 millones de m³ para riego de 10, 410 ha de proyecto con 132.59 km en su red de distribución y 52 km en su red de drenaje (Arellano 1995, figura 1).

Esta investigación se llevó a cabo en ocho ejidos, considerados como de alta marginación (Sedesol, 2005), los cuales comprenden el distrito de riego No. 101, Cuxtepeques: El Diamante, Juan Sabines, Independencia, Guadalupe Victoria, El Ámbar, Nueva Libertad, Benito Juárez y La Tigrilla (INEGI 2009).

La población total del municipio es de 39,770 habitantes, representa 17.97 % de la población regional y 1.01 % de la estatal; el 51.37 % son hombres y 48.63 % mujeres. Su estructura es predominantemente jo-

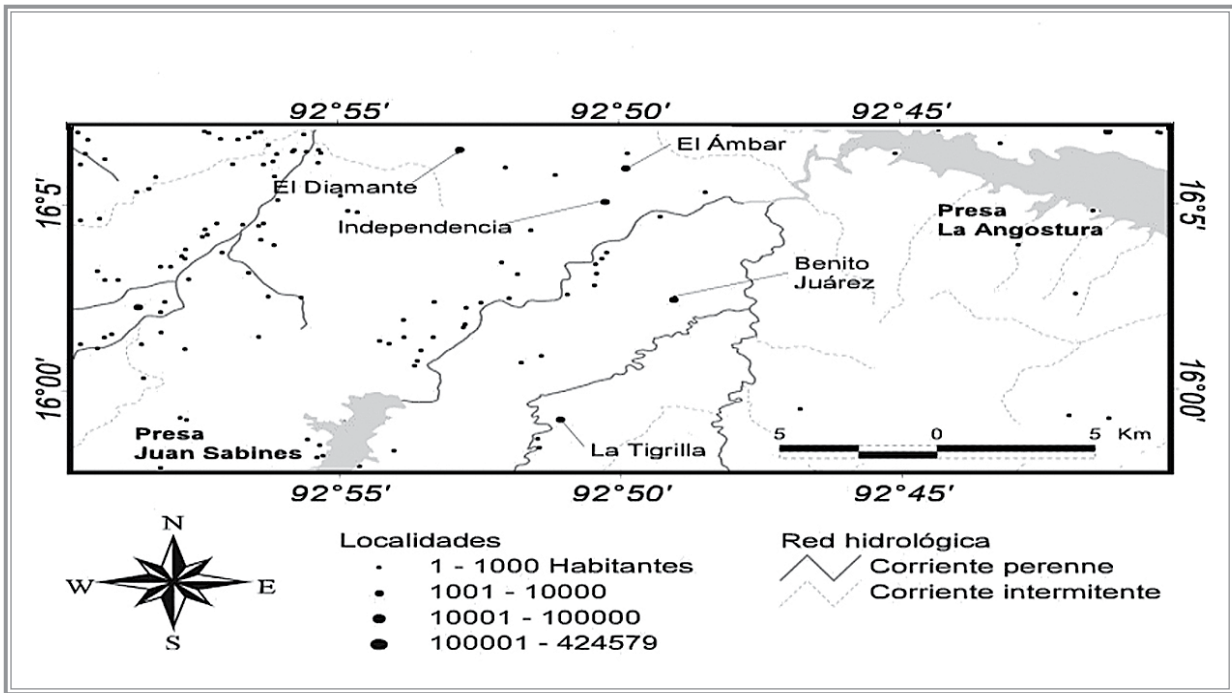


Figura 1 ■ | Área de estudio.

ven, 69 % de sus habitantes son menores de 30 años y la edad media es de 18 años. En el período comprendido de 1990 al 2000, se registró una tasa media anual de crecimiento (TMAC) del 1.82 % (INEGI 2009).

Debido a la especificidad propia de la gestión del agua en la cuenca, se consideró conveniente seleccionar la estrategia de investigación del estudio de caso y como unidad de observación y estudio para ello, la cuenca baja del río Cuxtepeques. Para poder realizar una primera evaluación de la participación social en la localidad, se desarrollaron las siguientes actividades:

- En la primera etapa del proceso de investigación se considera la revisión bibliográfica de la situación histórica y actual del uso del agua en la cuenca baja del río en medios impresos como magnéticos.

- Se revisaron reportes e informes de diferentes estudios, proyectos y programas realizados en la cuenca baja por diferentes instancias de gobierno en los últimos años.
- Consulta de las bases de datos e información estadística de diversas fuentes sobre la población, la comunidad y los recursos hídricos de la zona.
- Se realizaron entrevistas, discusiones informales, testimonios a los diferentes actores sociales claves de las localidades y 899 encuestas de un padrón de 987 beneficiarios en el Distrito de Riego no. 101.
- Se realizó un taller ZOPP con representantes de las 8 localidades que se ubican en la parte baja de la Cuenca del río Cuxtepeques tratando de abarcar la complejidad que supone abordar el estudio de las relaciones sociedad- naturaleza (Toledo, 1998; Leff, 2000,)

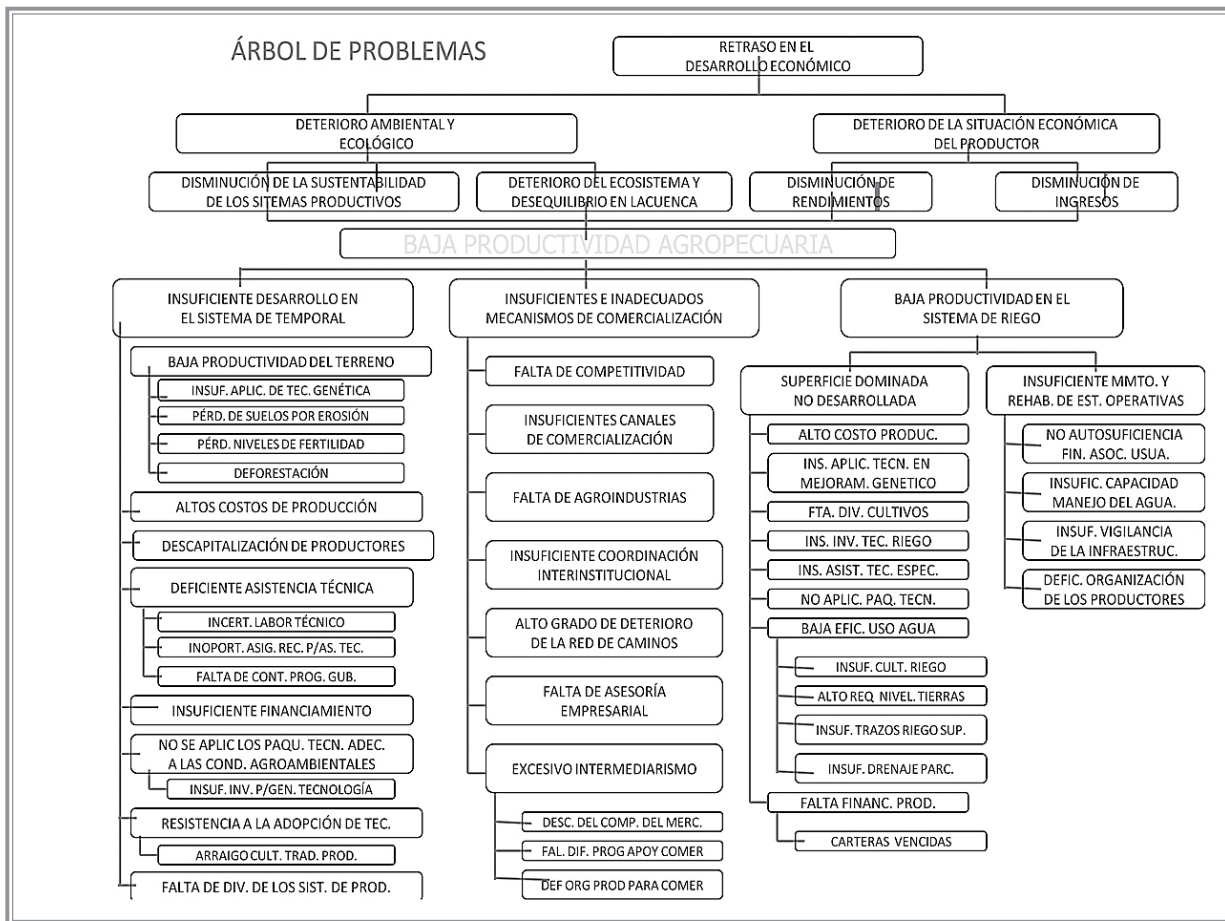


Figura 2 ■ | Árbol de problemas elaborado a partir de los comentarios e inquietudes de los usuarios del Distrito.

RESULTADOS

Se realizó un cuestionario de 40 preguntas a cada miembro participante referente a los usos, manejos y posibles fuentes contaminantes del agua en la localidad. Dentro de los aspectos a destacar se encontró que 888 beneficiarios (98.78%) se encuentran expuestos a plaguicidas. La distribución por edad de los campesinos expuestos es de 20-30 años (19.25%), 31-40 (33.90%), 41-50 (14.64%), 51-60 (23.99%), 61-70 (16.10%) y de 71-80 (1.13%), con un promedio de edad de 46.95 años. La escolaridad reportada por los

entrevistados indica que el 73.75% (663) tienen hasta primaria completa o menos.

El agua de consumo se obtiene de la red municipal (25%) y el resto en pozos (75%). El 89% de los encuestados hierve el agua pero la deposita en ollas y la obtiene de ella extrayéndola con vasos, lo que favorece la contaminación del líquido, el 11% restante no la hierve. Ninguna de las muestras en las casas contiene la cantidad de cloro ideal para que el agua sea utilizada para uso personal. Si bien dentro de las casas existen formas de contaminación del agua ya que el

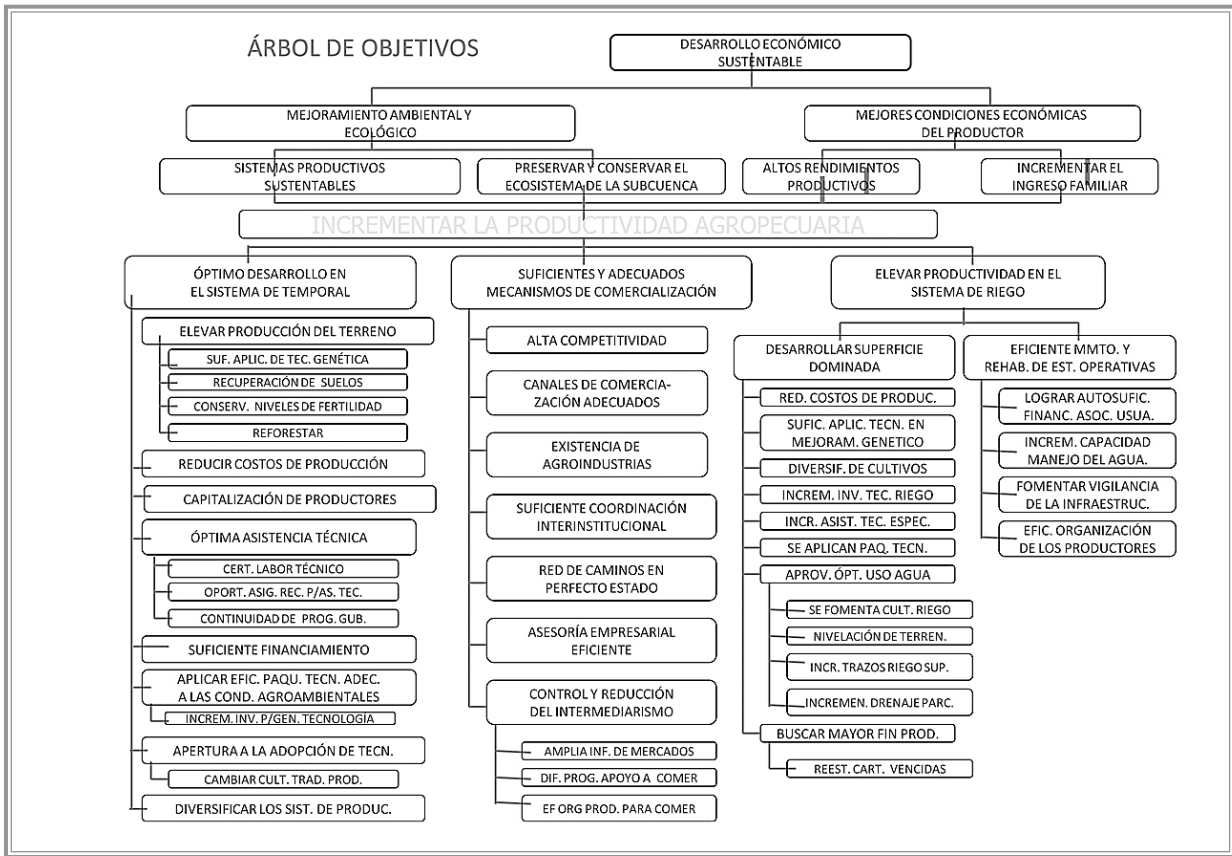


Figura 3 ■ | Árbol de objetivos elaborado a través del consenso entre usuarios y autoridades invitadas al taller.

95% de los residuos de comida es utilizado como alimento para los animales y esto puede provocar la propagación de bacterias y contaminar el ambiente, por mencionar alguno de los factores, es necesaria la participación de autoridades, instituciones y usuarios para mejorar la calidad de vida de la zona e implementar medidas que favorezcan la sustentabilidad del recurso.

Taller ZOPP

Los resultados de la aplicación del Taller ZOPP expusieron que para los beneficiarios del distrito de riego la calidad del recurso agua es uno de los diversos problemas que los aquejan pero no necesariamente el

primordial, esto debido a que la cantidad de agua la sienten asegurada y al abastecerse de agua de pozos, y siendo que ésta no muestra físicamente contaminación, favorece a no ser considerada prioritaria. A continuación se presenta la construcción del árbol de problemas y el árbol de objetivos elaborados a partir del taller realizado con los usuarios del distrito (figura 2 y figura 3).

CONCLUSIONES

La naturaleza provee de los recursos que se necesitan, sin embargo, la creencia de que el recurso es infinito favorece el manejo inadecuado del agua y permite su contaminación. Si no hay preocupación por mantener y mejorar el recurso agua, a través de la participación activa de entidades, organizaciones y comunidades, en muy poco tiempo los problemas relacionados con su disposición y calidad serán graves.

Los datos obtenidos en las encuestas y en el taller ZOPP nos indica que existen varias fuentes de contaminación del agua y situaciones de riesgo para la salud de los pobladores, por lo que es necesario impulsar acciones a nivel local y comunitario con la finalidad de atender aquellos puntos que los beneficiarios consideran importantes y a la par el manejo integral del agua para poder dar la atención adecuada a los problemas para poder abastecer a las localidades con agua en la cantidad y calidad requeridos; para lograrlo es necesaria una amplia participación social, además de la introducción de mejor y mayor infraestructura para el suministro de agua potable, así como campañas relacionadas a salud e higiene.

Los resultados obtenidos a partir del taller realizado corroboran lo encontrado por Arellano, 2005 y Conagua, 2001, lo interesante de la situación es que después de casi 10 años del primer taller ZOPP realizado en el Distrito y 5 años del taller Quetzal (Arellano, 2005) no se ha logrado un cambio sustancial dentro de la zona por lo que consideramos que una alternativa viable para lograrlo es la implementación de talleres ambientales sobre el mejores prácticas agrícolas con lo que se disminuiría la contaminación por agroquímicos y por ende se disminuirían los daños a la salud y medio ambiente.

LITERATURA CITADA

ARELLANO J.L., 1995. Análisis de las condiciones de drenaje en el Distrito de Riego no. 101 Cuxtepeques, Chiapas. *Agua-Sur Chiapas*, 2: 16-39.

ARELLANO M., J.L., 2005. *Apropiación territorial, deterioro ambiental y gestión de recursos hídricos en la cuenca superior del río Cuxtepec, Chiapas.* Tesis de Maestría, Dirección de Centros Regionales Universitarios. Universidad Autónoma de Chapingo, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (Conagua), 2001. *Rasgos principales y situación actual del Distrito de Riego no. 101, Cuxtepeques, Chiapas.* Gerencia Estatal de Chiapas, documento interno, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

FREIRE P, 1998. *¿Extensión o comunicación?. La concientización en el medio rural.* Siglo XXI Editores, Vigésimo primera edición, México.

HERRERO M.A, G. SARDI, M.V. MALDONADO, M. FLORES, A. ORLANDO, L. THIEL, 2000. *Participación comunitaria, cultural y educación para comunidades rurales. Fondo para las Américas- proyecto 20/2000.*

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA, (INEGI), 2009. *II Censo de población y vivienda 2005, resultados preliminares,* México.

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL (IMSS), 1992. Diagnóstico de Salud en las zonas marginadas rurales de México. IMSS-SOLIDARIDAD, México.

LAMBLE G.W., 1981. *A Handbook for Planning your Professional Development in Extension*, Canadian Society of Extension. Ottawa.

LEFF. E., 2000. *Saber ambiental, sustentabilidad, racionalidad, complejidad y poder*. Siglo XXI Editores, Tercera edición, CIICH-UNAM-PNUMA, México.

MITCHELL J.B., 1971. *Community Resource Development and Social Action*. Ohio, USA.

OSORIO C; S. ESPINOZA, 2002. *Participación comunitaria en los problemas del agua*. <http://www.campus-oei.org/salactsi/ososrio2.htm>, consultada el 27 de febrero del 2008.

SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL DEL ESTADO DE CHIAPAS (SEDESOL), 2005. *Chiapas en cifras*. consultada el día 23 de octubre del 2009, URL: <http://www.desarrollosocial.chiapas.gob.mx/>

TOLEDO, V.M. 1998. “Estudiar lo rural desde una perspectiva interdisciplinaria: El enfoque ecológico-sociológico”, en *Globalización, crisis y desarrollo rural en América Latina*, Memorias de sesiones plenarias del V Congreso Latinoamericano de Sociología Rural, ALASRU-CP-SAGAR-UACH-UAM-UIA, México.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA (UNESCO). 1991. *Agua, vida y desarrollo. Manual de usos y conservación del agua en zonas rurales de América Latina y El Caribe*. Proyecto Regional Mayor para la utilización y conservación de los recursos hídricos en áreas rurales de América Latina y El Caribe (PRM).



Desarrollo y caracterización de un destilador solar para su aprovechamiento en el tratamiento de agua contaminada

Juan García Pérez*
Carlos Manuel García Lara*
Hugo Nájera Aguilar*
Pedro Vera Toledo*
Rubén Vázquez Sánchez *

RESUMEN

Se presenta una breve descripción de los sistemas utilizados para el tratamiento de agua, haciendo énfasis en aquéllos que no requieren consumo de energía convencional, así como la situación nacional y local, para el desarrollo de un sistema basado en incidencia solar y su posible contribución en comunidades. Se realiza un estudio de la técnica de destilación solar a partir de la *energía renovable* como un método alternativo para purificar agua, basado en el efecto invernadero, bajo las condiciones ambientales existentes en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Se estudia un modelo matemático basado en el balance de energía, describiendo teóricamente el comportamiento de la temperatura del agua dentro del destilador, en términos de la radiación solar, estudiando además factores como el ángulo de inclinación de la cubierta de vidrio, materiales y costos. Los resultados presentan un máximo de agua destilada de 3.26 kg/m² al día, con 151,144.83 W de radiación solar total diaria, haciéndolo competitivo con aquellos propuestos para climas desérticos.

Palabras clave: Destilador solar, destilación, energía solar, modelo de destiladores.

ABSTRACT

We presents a brief description of systems used for water treatment, accomplishing certain emphasis in those that not required consumption of conventional energies, The national and local situation is projected and its possible development due to the solar incidence and to the contributions that would generate this type of systems in the communities. A study of the distillation technique from renewable energy like an alternative method to purify water, from a prototype of greenhouse solar distiller, under the weather conditions at Tuxtla Gutierrez city also is shown. A mathematical model based in the balance of energy of water contained is developed, temperature of water inside of the distiller is described theoretically, behavior of the temperature in the system in terms of the solar radiation is simulated, the angle of the covering material, in terms of the use of energy and the financial resources were studied too, without failing to keep principal operation characteristics. The results presented a maximum output of water distilled of 3.26 kg/m² day, with 151,144.826 W of total solar radiation day, for that it is considered that the proposed prototype is competitive compared at those used in desert.

Key words: Solar stills, distillation, solar energy, still modeling.

* Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Facultad de Ingeniería, Libramiento Norte Poniente 1150
Col. Lajas Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
C. P. 29039, e-mail: carlosmg10@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

El incremento en la demanda de servicios a nivel mundial ha ocasionado un impacto ambiental negativo (Mowla, 1995). El agua ha sido uno de los recursos naturales más afectados; debido principalmente a actividades industriales y de agricultura, ocasionando altas concentraciones de patógenos y sales (Armendáriz *et. al.*, 2005).

Aproximadamente una sexta parte de la población mundial (1,100 millones de personas) padecen de acceso al agua para consumo humano, de los cuales 77 millones son del continente americano, y 2,400 millones no cuentan con las instalaciones sanitarias adecuadas. En México el 65% de la población se abastece de este recurso, de las agua subterránea, sin embargo, de los 653 acuíferos existentes, 102 se encuentran sobre-explotados. Otros problemas relacionados a la escasez de agua son debidos a la competencia existente por este recurso, no solamente al interior de un país, sino también con países vecinos (Sainz and Becerra, 2002). Algunos problemas específicos de la calidad de la misma están relacionados a la excesiva salinidad, alta concentración de hierro, calcio, magnesio y fluoruros, contaminación por bacterias o virus y residuos de pesticidas.

Existen diferentes alternativas para el tratamiento del agua, como son los sistemas eólicos (Jürgen, 2000), compresión de vapor y osmosis inversa. En México fue desarrollado un sistema de fotocatalisis nano-estructurado heterogéneo, basado en nano-partículas de titanio, que permite manipularse dentro de líquidos, rompiendo las estructuras químicas de los contaminantes. Una tecnología emergente es la destilación solar, la cual puede eliminar sales, bacterias, metales pesados, organismos patógenos, así como pesticidas (Zachritz, *et al.*, 2000). Sin embargo, esta tecnología está limitada a la producción de pequeñas cantidades de agua para consumo humano, obteniendo de un destilador con un área superficial de 2m² de 15 a 20 litros diarios dependiendo de la época del

año, la incidencia de la radiación solar, velocidad del viento, temperatura ambiental, entre otros; razón por la cual actualmente es utilizada principalmente en comunidades rurales pequeñas (Foster and Cornier, 1999).

El sistema utilizado para la destilación solar consiste normalmente en: una base metálica que además de contener el agua contaminada, capta la radiación solar, la cual es colocada en un caja trapezoidal, comúnmente de madera, cubierta con un vidrio para retener la energía térmica solar dentro de ella, debido al efecto invernadero se logra el aumento de la temperatura del agua contaminada provocando que ésta llegue a evaporarse, produciendo un incremento de presión dentro de éste. Sin embargo, debido al equilibrio de fases ésta no podrá condensarse en la superficie interna del vidrio de cubierta, razón por la cual se requiere una diferencia de temperaturas entre la cubierta interna y externa del vidrio para lograr un desequilibrio.

El interés existente en destiladores solares convencionales se ha debido a la simplicidad de su diseño, construcción y bajos costos de operación y mantenimiento, principalmente en áreas remotas sin suministro eléctrico. Sin embargo, su baja productividad ha motivado el estudio y desarrollo de éstos para alcanzar mejoras en su productividad, ejemplo de lo mencionado es el modelo matemático desarrollado por Sakthivel (2008), que compara las variaciones de algunos parámetros como temperatura del agua, cubierta y horario con valores experimentales.

Arreglo experimental

El diagrama esquemático del prototipo de destilador solar realizado, es presentado en la figura 1. Éste tiene una base rectangular de 1.10 m², las paredes fueron pintadas de negro para una máxima absorción de la radiación solar, además de prevenir con esto el deterioro de los materiales de construcción, la cubierta fue hecha con un vidrio ordinario de 3 mm de espesor

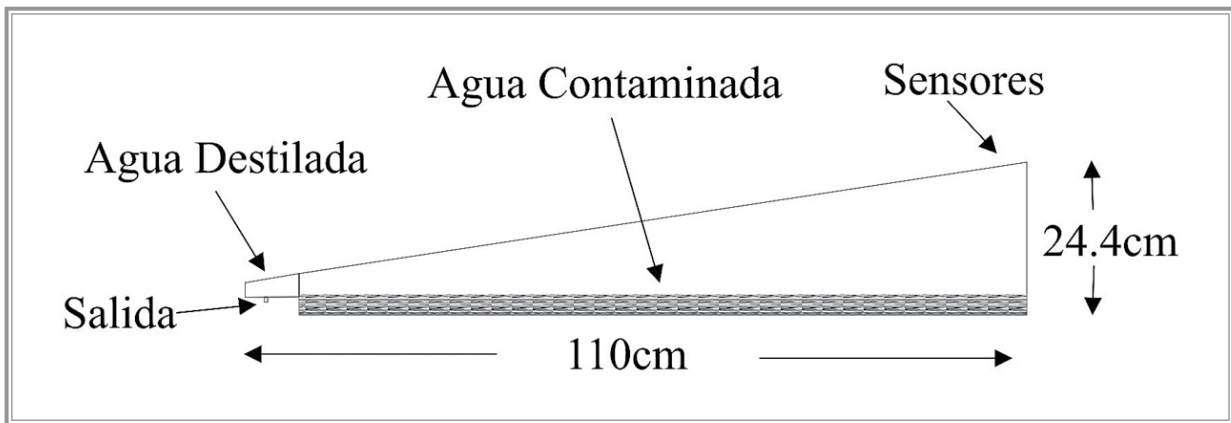


Figura 1 ■ | Árbol de objetivos elaborado a través del consenso entre usuarios y autoridades invitadas al taller.

colocado a un ángulo de 10° respecto de la horizontal (Fonseca, *et al.*, 2005). Se utilizó silicón para sellar las uniones entre las partes del prototipo.

Para maximizar el aprovechamiento de la radiación solar, se construyeron las paredes con un material cuya conductividad térmica fuese pobre para permitir la completa absorción de energía por el agua. La base del prototipo fue realizada utilizando una placa galvanizada de zinc de 2 mm de espesor. El área de evaporación fue de 1.0 m^2 , y la altura máxima permisible del agua contaminada fue de 0.05 m, de ser excedida, ésta pasaría al canal de recolección mezclándose con el agua destilada y evitaría la fuga de vapor, y con esto la pérdida de presión. Éste fue colocado al noreste de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, cuyo clima es cálido-sub-húmedo, monitoreándose en todo momento la temperatura y presión dentro de éste, mediante sensores de la marca Vernier modelos TMP-BTA y LS_BTA respectivamente, el prototipo desarrollado se presenta en la figura 2.

Modelo matemático

Para la modelación matemática de destiladores convencionales mediante la ecuación de balance de energía se tomaron las siguientes condiciones iniciales.



Figura 2 ■ | Imagen del prototipo de destilador solar realizado.

- El sistema está en una condición de estado estable hasta que sea modificada por la temperatura ambiente.
- Existe un desbalance térmico entre el sistema y el medio ambiente.
- No existen pérdidas de vapor.
- La absorción del agua es alta y se asume que la radiación solar la afecta directamente.
- La incidencia solar es el único factor que afecta a los cambios de temperatura del prototipo.

La energía absorbida por el sistema proviene de la radiación solar, provocando con esto cambios en temperatura. El comportamiento de la radiación solar es tomada a partir de la ecuación (Salum, 2007).

$$I = A \cdot \cos[W(t - t^*)]$$

Donde I representa la incidencia solar global en un día (W/m^2) descrita, utilizando una función cosenoidal centrada al medio día (t^*); A , indica la máxima amplitud; W es la hora, y t el tiempo en segundos.

La razón entre la energía absorbida por el agua y la radiación solar es igual a la razón de la energía almacenada en el agua y las pérdidas de calor del agua a través de la cubierta de vidrio y la placa galvanizada, definida por la ecuación 2.

$$IA_w + h_{cw-lmg}(T_{lmg} - T_w) = M_w C_{p_w} \left(\frac{dT_w}{dt} \right) + (h_{cw-gl} + h_{eva\ w-gl} + h_{rw-gl})(T_w - T_{gl})$$

Donde h_{lmg-w} es el coeficiente de transferencia convectiva de calor del agua a la placa galvanizada, ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$), T_{lmg} , es la temperatura de la placa galvanizada ($^\circ C$); T_w , la temperatura del agua ($^\circ C$); M_w , la masa del agua (Kg); C_{p_w} , el calor específico del agua ($J/ Kg \text{ } ^\circ K$); $\frac{dT_w}{dt}$, el cambio en la temperatura del agua, respecto del tiempo ($^\circ C/s$); h_{cw-gl} , el coeficiente de transferencia convectiva de calor del agua a la cubierta de vidrio ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$); $h_{eva\ w-gl}$, el coeficiente de transferencia vaporativa de calor del agua a la cubierta de vidrio ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$); h_{rw-gl} , el coeficiente de transferencia radiativa de calor del agua a la cubierta de vidrio ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$).

Los datos de radiación y térmicos utilizados en las ecuaciones 1-2 son presentados en la tabla I.

$I = 755.72 \text{ } W/m^2$	$h_{cw-gl} = 64.74 \text{ } W/m^2 \text{ } ^\circ K$
$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ } W/m^2 \text{ } ^\circ K^4$	$M_w = 10 \text{ } kg.$
$h_{cw-lmg} = 930.57 \text{ } W/m^2 \text{ } ^\circ K$	$C_{p_w} = 4186 \text{ } J/Kg \text{ } ^\circ K$
$A_w = 0.96$	

Tabla 1 ■ Parámetros de radiación y térmicos.

La razón de absorción de la radiación solar es un factor importante para obtener un incremento de temperatura en diferentes tipos de superficies, para el balance de energía del agua contenida en el destilador. La radiación solar es un parámetro de entrada del sistema, al que debe ser agregado la absorción del agua, por lo que la ecuación 2, puede ser expresada de la forma:

$$\frac{dT_w}{dt} + \left(\frac{h_{cw-lmg} + h_{cw-gl}}{M_w C_{p_w}} \right) T_w = \frac{1}{M_w C_{p_w}} [IA_w + h_{cw-lmg} T_{lmg} + h_{cw-gl} T_{gl}]$$

Los coeficientes de transferencia de calor radiativo y evaporativo fueron despreciados debido a que no afectan los resultados de manera significativa, por lo que la solución de la ecuación 3, es:

$$T_w = \frac{1}{M_w C_{p_w}} \left[IA_w + h_{cw-lmg} T_{lmg} + h_{cw-gl} T_{gl} \right] \left(1 - e^{-\left(\frac{h_{cw-gl} + h_{cw-lmg}}{M_w C_{p_w}} \right) t} \right) + T_{w0} e^{-\left(\frac{h_{cw-gl} + h_{cw-lmg}}{M_w C_{p_w}} \right) t}$$

La simulación de la ecuación 4, puede observarse en la figura 3, en donde se presenta el comportamiento de la temperatura del agua en términos de la radiación solar tomando como constantes el flujo de calor,

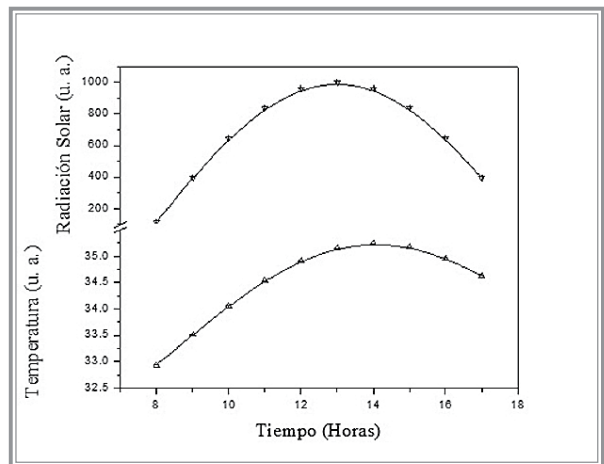


Figura 3 ■ Simulación de la temperatura del agua y radiación solar.

la temperatura de la placa galvanizada y el vidrio de cubierta, además de fijar el tiempo de radiación solar desde las 7am hasta las 6pm, centrado a las 13 horas.

Eficiencia del sistema

La eficiencia del sistema ϵ , fue calculada utilizando la relación definida a continuación:

$$\epsilon = \frac{o_w}{i_w}$$

Donde i_w es el agua contenida en el destilador solar (masa/unidad de área*día); o_w representa la producción diaria de agua destilada (masa/unidad de área).

RESULTADOS

La caracterización realizada abarca parámetros como la temperatura ambiente, rendimiento diario y diferencia de temperatura entre el agua y el vidrio. Inicialmente se evaluó la correspondencia existente entre los valores teóricos obtenidos para el caso de la temperatura del agua respecto de la radiación solar, lo cual se presenta en la figura 4.

Se puede observar que la temperatura del agua varía de acuerdo a la radiación solar presente, teniendo

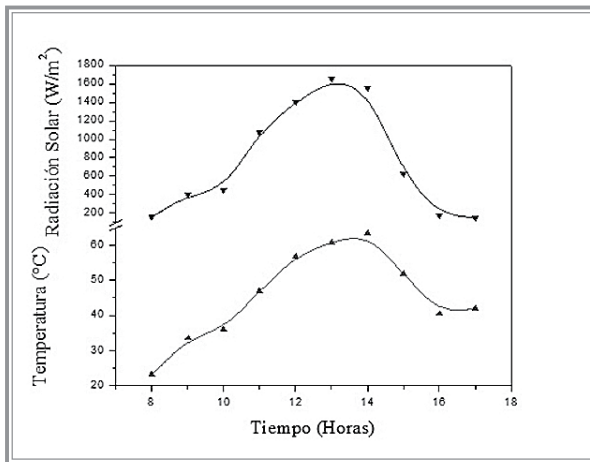


Figura 4 ■ | Valores experimentales obtenidos de la temperatura del agua contaminada y la radiación solar en un tiempo de 9 horas.

un ligero corrimiento debido al retardo de absorción de energía por el agua. El efecto de la profundidad del agua contaminada contenida en el destilador solar se presenta en la figura V. Se observa que la dependencia del volumen final diario de agua destilada respecto de la profundidad del agua contaminada, inicia con un crecimiento constante hasta una profundidad de 1cm aproximadamente, a continuación decrece lo cual se debe a que la radiación solar no penetra en su totalidad al agua lo que provoca un decremento de la temperatura.

Una vez determinada la profundidad a la cual se obtienen mejores resultados, se procedió a evaluar el rendimiento del sistema centrado a una profundidad de 10 mm de agua en el contenedor, presentado en la figura VI.

La máxima eficiencia obtenida generó aproximadamente 3.26 kg/m²-día, que corresponde a un valor del 26%, a una profundidad de 5 mm, lo cual es claro debido a que, a menor profundidad, mayor absorción de la radiación solar por parte del agua, pero esto no quiere decir que se obtiene mayor volumen de agua destilada. Lo anterior demuestra que la eficiencia del

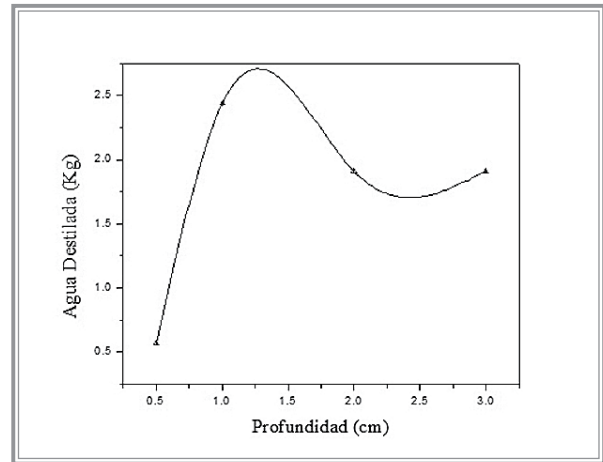


Figura 5 ■ | Valores experimentales de agua destilada obtenida en la salida, a diferentes profundidades de agua contaminada.

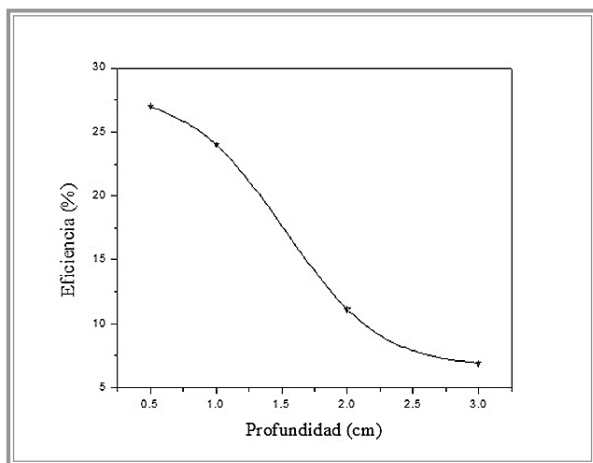


Figura 6 ■ Valores experimentales de eficiencia obtenidos en la salida del destilador, a diferentes profundidades de agua contaminada.

sistema es inversamente proporcional a la profundidad del agua. Sin embargo, se requiere un balance entre la eficiencia y la producción para que se obtenga la máxima eficiencia del sistema, lo cual, para el prototipo propuesto, se logró a 1.0 cm de profundidad.

La diferencia entre la temperatura ambiental y la del vapor es una característica importante para lograr la condensación. La máxima diferencia de temperatura lograda fue de 30.7 °C registrado al mediodía. La presión es inversamente proporcional a la temperatura dentro del sistema. Lo anterior puede ser explicado debido al incremento de la temperatura del agua dentro del sistema durante las primeras horas del día, lo que causa la adición de vapor al aire contenido dentro del sistema hasta saturarlo. Una vez alcanzada esta condición, la presión se mantiene constante logrando un máximo si la temperatura se ve incrementada, las moléculas de agua adquieren más energía y la evaporación se da con una mayor rapidez, tal como se observaría en una olla de presión, obteniéndose un desequilibrio hasta que la razón de condensación alcance nuevamente el equilibrio.

Una diferencia de temperatura es requerida en la cubierta de vidrio para lograr la condensación, la cual para las condiciones ambientales presentes en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, puede ser explicada a partir de la humedad relativa, una de las posibles razones de la producción alcanzada por el sistema propuesto, teniendo una elevada humedad relativa al inicio y final del día, ya que la temperatura ambiental no reduce la humedad presente.

DISCUSIÓN

El sistema de destilación solar ha demostrado ser una excelente herramienta para el tratamiento de agua, proporcionando beneficios en la salud, debido a la eliminación de impurezas, además de permitir el aprovechamiento de ésta en comunidades donde la calidad o cantidad de agua es baja. Utiliza energía natural a diferencia de otros métodos, lo que permite también asentamientos humanos en zonas que puedan aprovechar la energía solar, factor importante en el incremento de la temperatura del agua, su posterior evaporación y aprovechamiento.

Si existe una alta razón de evaporación no significa que exista una alta razón de condensación, ya que depende de otras variables como el equilibrio de fases. Es conocido que después de cierto tiempo el aire dentro del sistema estará saturado por la acción del vapor de agua liberado hasta obtener un cuasi-equilibrio donde la presión se mantendrá constante y la razón de condensación será relativamente pequeña en términos de la razón de evaporación tal como sucede en climas desérticos.

La humedad relativa fue un factor importante para explicar los resultados obtenidos en la producción de agua destilada presente en climas cálido sub húmedos, donde la radiación solar es relativamente inferior comparada a la presente en climas desérticos. La baja radiación disminuye la producción de agua destilada, debido a que la razón de evaporación es inferior comparada al otro clima descrito, pero el

elevado porcentaje de humedad relativa provoca una notoria razón de condensación, compensando la deficiencia de radiación; logrando con esto resultados similares a los reportados para climas desérticos. El incremento en el volumen de agua a tratar genera una disminución en el cambio de temperatura, como consecuencia la evaporación se ve afectada disminuyendo la razón de producción de agua destilada de igual manera. Incrementando el volumen a tratar, el proceso de destilación inicia rápidamente permitiendo aprovechar de manera eficiente la radiación solar, logrando mayores volúmenes de agua destilada.

LITERATURA CITADA

MOWLA D. y KARIMI G., 1995. Mathematical Modeling of Solar Still in Iran. *Solar Energy Journal*, 55 (5): 389-393.

ARMENDÁRIZ S., PORTA GÁNDARA M., FOSTER R., KOUTSOUKOS P., BAUTISTA R., GRADO J. y ALONSO G., 2005. Estudio de la precipitación de carbonato de calcio en un destilador solar experimental. *Revista internacional de contaminación ambiental, UAM, México* 21(1): 5-15.

SAINZ SANTAMARÍA J. y BECERRA PÉREZ M., 2002. *Los conflictos por agua en México*. Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental (DGIPEA), Instituto Nacional de Ecología (INE), 9.

JÜRGEN KRÖBER H., 2000. *Técnicas innovativas de desalinización de aguas salobres y del mar*, asesor técnico de la gerencia de estudios para el desarrollo hidráulico integral, Comisión Nacional del Agua, FEMISCA, 10.

ZACHRITZ H., MIMBELA L., POLKA R., STEVENS K., CISNEROS L., FLOYD H. y HANSON A., 2000. *Application of Solar Still for Drinking Water in Border. SWTDI-NMSU*, EDA Project No. 08-39-03086, Austin, Texas.

FOSTER R.E. y CORMIER M., 1999. "Solar Distillation Water Problems, Solar Solutions, EPSEA". en *solar still construction and operation manual*, El Paso Solar Energy Association, Texas.

SAKTHIVEL, M AND SHANMUGASUNDARAM, S., 2008. Effect of Energy Storage Medium (Black Granite Gravel) on the Performance of a Solar Still. *Int. J. Energy*, 32: 68-82.

FONSECA, S., ABDALA, J., GRIÑÁN, P., y SÁNCHEZ, J., 2005. Prototipo de destilador solar de fibra de vidrio, Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES). *Tecnología química*, 15(3): 1-9.

SALUM, G., IPIÑA, A. Y PIACENTINI R., 2007. Desarrollo de un algoritmo para la modelización de radiación solar global y el control de datos. *Mecánica Computacional*, 26(1): 1774-1787.



Reconstrucción del órgano dentario con tratamiento de conductos: postes

****Paulo César Ramos Núñez**
++Jesús Octavio Moguel Aguilar
****Arturo Mejía Gutiérrez**
****Alberto Ballinas Solís**

RESUMEN

La reconstrucción del órgano dentario con tratamiento de conductos es ampliamente estudiada, sin embargo existe controversia desde diferentes puntos de vista. La importancia de la reconstrucción del órgano dentario con tratamiento de conductos, y recomendaciones a considerar en el plan de tratamiento, materiales y consideraciones de la práctica clínica a partir de una perspectiva endodóncica y reconstructiva se presentan en este artículo.

Palabras Clave: Endodoncia, postes, reconstrucción.

ABSTRACT

The restoration of endodontically treated teeth is a topic that is extensively studied and yet remains controversial for many perspectives. The importance of restoration of endodontically treated teeth, recommendations to be considered in the treatment planning, materials and clinical practices from the restorative and endodontic perspective is presented.

Key Words: Endodontic, post, restoration.

INTRODUCCIÓN

Una de las máximas aspiraciones de la estomatología es el mantenimiento de los órganos dentarios naturales (Fernández, 2000). La búsqueda de la restauración ideal para dientes tratados endodóncicamente ha sido muy compleja. Variaciones anatómicas, extensiones de la destrucción, posición en la boca, cantidad de hueso remanente y función designada para el diente como restauración individual o soporte de prótesis ha complicado la selección del tipo de restauración para cada situación específica.

Dependiendo de la cantidad y calidad de la estructura dental remanente se puede reconstruir el diente con restauraciones metálicas vaciadas parciales (mínimo una sobreincrustación) hasta coronas completas. Actualmente gracias a los materiales adhesivos también se puede reconstruir el diente con resina (si solamente se va a sellar el acceso) y preferentemente con restauraciones adhesivas cerámicas o cerómeros (desde incrustaciones, coronas parciales, sobreincrustaciones y hasta coronas completas). El diseño dependerá de la cantidad y calidad de la estructura dental remanente (Kogane, 2004).

La reconstrucción puede llevarse a cabo, en caso necesario, mediante la colocación de un poste intraradicular que a su vez restituye la porción de tejido coronario perdido, ya sea por un proceso carioso o bien por alguna causa traumática (Meza, 2005).

** Docentes de la Escuela de Odontología de la UNICACH
++Alumno de la Escuela de Odontología de la UNICACH

La existencia de este tipo de reconstrucciones es mencionada desde el siglo XI en la cultura de los Shogun en Japón donde se realizaban espigas de madera. Los conceptos de diseño, longitud y diámetro de los postes los menciona John Tomes en 1849 en un artículo publicado en el *Dental Physiology and Surgery*. Los principios de fabricación son muy similares a los conceptos actuales para la elaboración de postes (Sedano, 2001).

La reconstrucción de los dientes tratados endodóncicamente es un tema que es estudiado ampliamente y sin embargo sigue siendo polémica desde muchas perspectivas. Hay pocos temas en la odontología que se han estudiado más que la restauración de dientes tratados endodóncicamente. Sin embargo, muchas cuestiones prácticas y controversias permanecen en este elemento de importancia clínica del plan de tratamiento. La diversidad de opiniones publicadas es confusa y puede conducir a disminuir las selecciones de tratamientos óptimos. Afortunadamente, hay una serie de ámbitos de la investigación, apoyos específicos y procedimientos clínicos, (Schwartz, 2004).

Diferencias entre los dientes tratados endodóncicamente y los dientes vitales

El tratamiento de conductos radiculares tiene tres consecuencias relevantes sobre el diente: la pérdida de tejido con un debilitamiento relativo de la estructura dentaria; la alteración de las características biomecánicas del diente, la variación de las características estéticas de la dentina y del esmalte residual, (Scotti, 2004)

Diferentes estudios clásicos han propuesto que la dentina de los órganos dentarios tratados endodóncicamente es sustancialmente diferente a la dentina de dientes vitales. Se pensaba que la dentina de dientes con tratamiento de conductos era más frágil a causa de la pérdida de agua y la pérdida de colágeno. Sin embargo, recientes estudios discrepan de esta conclusión. En 1991, Huanget *et al*, realizaron una com-

paración de las propiedades físicas y mecánicas, de muestras de dentina en dientes con y sin tratamiento endodóncico en diferentes niveles de hidratación, llegaron a la conclusión de que ni la deshidratación ni el tratamiento endodóncico causaban la degradación física o de las propiedades mecánicas de la dentina. Sedgley y Messer hicieron pruebas sobre las propiedades biomecánicas de la dentina de 23 dientes endodonciados con un promedio de 10 años de tratamiento con endopostes; compararon a sus contralaterales vitales. Aparte de una ligera diferencia en la dureza, las propiedades eran comparables. El estudio no apoya la conclusión de que los dientes tratados endodóncicamente serán más frágiles.

Algunas preparaciones de acceso dan como resultado las desviaciones cuspídeas, y aumentan la posibilidad de fractura de la cúspide y la microfiltración en los márgenes de las restauraciones. En la mayoría de los dientes tratados endodóncicamente, hay una pérdida de la estructura del diente causada por caries o restauraciones existentes. Randow y Glantz informaron que los dientes tienen un mecanismo de retroalimentación de protección que se pierde cuando se retira la pulpa, que también pueden contribuir a la fractura del diente. Fennis *et al*, realizaron un estudio a más de 46,000 pacientes por reclamaciones de seguro e informó significativamente más fracturas en los dientes con tratamiento de endodoncia. En conjunto, estos estudios indican que restauraciones que mejoran la integridad estructural aumentan el pronóstico de los dientes tratados endodóncicamente expuestos a pesadas cargas en la fuerza de masticación (Schwartz, 2004).

El tratamiento de conductos por sí mismo provoca una reducción de un 5 % de la resistencia del órgano dentario, un valor no tan elevado si lo comparamos con el 63 % de una preparación para una cavidad mesio-ocluso-distal. La deshidratación dentinaria debida a la pérdida de irrigación, junto con la variación de la disposición de las fibras de colágeno,

serán responsables de un debilitamiento del 14 % más pronunciado en la arcada inferior y máximo en los incisivos, (Scotti, 2004)

Estos y otros estudios apoyan la interpretación de que es la pérdida de la integridad estructural asociada a la preparación del acceso, que conducen a una mayor incidencia de fracturas en los dientes tratados endodónticamente en comparación con los dientes vitales, (Meza, 2005)

El tratamiento endodóncico hace que los dientes también experimenten cambios estéticos. La dentina al sufrir alteraciones bioquímicas hace que la refracción de la luz pase a través de los dientes y el aspecto de los mismos esté alterado. Otros cambios cromáticos que experimentan los dientes son consecuencia de una inadecuada remoción y limpieza de la zona coronal de restos de tejido pulpar. Los cambios de coloración debidos a la gutapercha se pueden apreciar en la porción coronal de la raíz, por lo que se debe eliminar al menos 2 mm de gutapercha del conducto para minimizar esta coloración, (Suárez, 2006)

Preservación de la estructura dental

La dentina provee una base sólida para la restauración de los dientes. La fuerza estructural del diente depende de la cantidad y la fuerza inherente de la dentina, así como su integridad y forma anatómica. Después del tratamiento de endodoncia hay una pérdida considerable de la dentina, por tanto es fundamental la cantidad de dentina sana remanente para retener la restauración, (Kogan, 2004)

Siempre que sea posible, tanto la estructura coronal y radicular deben ser conservadas. En la mayoría de los casos, la preparación de un espacio para el poste debe requerir el retiro mínimo de dentina radicular adicional más allá de la requerida para el tratamiento del canal radicular. Una nueva ampliación sólo debilita la raíz. Debe ser mínima la ampliación del espacio del poste, (Schwartz, 2004)

A través de los cambios sufridos en los propios

postes como en los cementos, se abren nuevas posibilidades de restauración que desgastan la cantidad mínima de tejido sano del diente evitando así la disminución de la resistencia a la fractura del diente, (Clapes, 2004)

La pérdida de estructura dentaria, es resultado de lesiones cariosas, traumatismos dentarios, procedimientos restauradores en piezas anteriores, adicionadas al desgaste de la terapia endodóncica. Fue relatado por los autores que a pesar de existir contradicciones cuanto al porcentual de pérdida de resistencia dentaria causada por accesos endodónticos, la destrucción progresiva del esmalte y dentina, es factor determinante para la fragilización del diente, (Ochoa, 2008)

Parece ser, como sugirieron Eissmann y Radke (1976), que es la fuerza de la dentina residual que rodea al poste la que proporciona la resistencia evitando las fracturas y reforzando al diente, más que el propio poste. Estos autores afirmaron que debe haber un mínimo de 2 mm de anchura de dentina alrededor del poste para evitar la fractura del diente, (Casanelas, 2005)

Finalmente, Raygot, C.G., Chai, J. y Jameson, L. Dicen que: "...la cantidad de estructura dental es un factor significativo en determinar la resistencia a la fractura de un diente tratado con endodoncia", (Huete, 2006)

Factores restauradores que afectan el pronóstico del tratamiento de conductos:

La contaminación del sistema de conductos radiculares por la saliva, a menudo se refiere como filtración coronal o la microfiltración coronal, es un potencial que causa el fracaso endodóncico. Además, la caries recurrente o restauraciones fracturadas pueden dar lugar a una nueva contaminación del conducto radicular del sistema. Bajo las mejores condiciones, el medio ambiente oral es rico en microorganismos, y las restauraciones dentales deben resistir la exposi-

ción repetida a las transformaciones físicas, químicas y factores de estrés térmico. Es un ambiente difícil en el que se debe mantener herméticamente el sistema de sellado.

Estudios *in vitro* han demostrado que la exposición de la corona con gutapercha a la contaminación bacteriana puede conducir a la migración de bacterias hasta el vértice en cuestión de días, subproductos bacterianos y endotoxinas puede penetrar hasta el vértice en un menor tiempo que las bacterias. Cuando el espacio del conducto radicular ha sido contaminado, se debe considerar el retratamiento, especialmente si ha habido contaminación persistente. La contaminación del conducto radicular con las bacterias tiene que ser impedido durante y después del tratamiento endodóncico. Técnicas de tratamientos asépticos se deben utilizar, incluido el uso de un dique de goma. Una vez que el tratamiento de conducto radicular se ha completado, la restauración del diente se debe colocar inmediatamente (se recomienda siempre que sea posible). Cuando esto no es posible, el sistema de conducto radicular debe ser protegido por selladores de canales y el suelo de la cámara pulpar con barreras intracoronarias. Materiales como el cemento de ionómero de vidrio o composite de resina son las preferidas. Los orificios de los conductos son avellanados con una fresa redonda, y el suelo de la cámara pulpar se tiene que limpiar el exceso de gutapercha y sellador. El piso de la cámara se grabará y preparará si un material de resina se utiliza o condicionada si se usa cemento de ionómero de vidrio o ionómero de vidrio con resina modificada. El material de barrera a continuación, se coloca sobre el suelo de la cámara y se fotocura con luz ultravioleta, y un recubrimiento temporal se coloca con o sin una bolita de algodón en la cámara. La barrera protege al sistema intracoronaral y al conducto radicular de la contaminación durante el período de tiempo, mientras que la odontología restauradora se lleva a cabo. Cuando el diente se restaura con una restauración permanente, restauracio-

nes adheridas deben usarse tanto como sean posibles para reducir al mínimo la microfiltración.

La calidad de la odontología restauradora realizada después del tratamiento del conducto radicular afecta directamente el pronóstico del diente tratado por endodoncia. Los espacios del endoposte en particular, se debe restaurar de inmediato, por las dificultades asociadas con el mantenimiento del sellado temporal. Los estudios *in vitro* por Fox y Gutteridge y Demarchi y Sato mostró que los dientes restaurados con materiales temporales se encontraban aproximadamente la misma cantidad de contaminación como los dientes que no tenían restauraciones temporales.

Hay pruebas convincentes de que la cobertura de las cúspides se debe proporcionar para los dientes posteriores. Un estudio *in vitro* por Panitvisai y Messer demostraron que las preparaciones de acceso con una gran extensión cuspeídea, aumentaba la probabilidad de fractura de las cúspides. Un estudio retrospectivo evaluó 1273 dientes con tratamiento endodóncico para ver qué factores fueron causas importantes de fracaso y concluyó que la presencia de la cobertura de las cúspides fue la única variable de restauración significativa para predecir el éxito a largo plazo. Esta conclusión se ha replicado de forma independiente, un estudio de 608 dientes tratados endodóncicamente evaluó los factores de supervivencia que afectaron durante un período de 10 años. Una vez más, la presencia de una cobertura cuspeídea fue uno de los factores significativos para predecir el éxito a largo plazo.

Un reciente estudio retrospectivo de 400 dientes durante un período de 9 años encontró que dientes tratados endodóncicamente con la cobertura de las cúspides eran seis veces más probables de sobrevivir que aquellos con restauraciones intracoronarias. Fennis *et al.* realizaron encuestas a practicantes dentales privados e informó que fracturas subgingivales fueron más frecuentes en dientes tratados endodóncicamente, un argumento más para la cobertura de

las cúspides. Al contrario, un estudio realizado por Mannocci *et al*, en el cual no se observaron diferencias en los fallos de los dientes tratados endodómicamente que fueron tratados con postes de fibra y cobertura de las cúspides con o sin. El tiempo de retiro fue sólo tres años, que no podrá ser suficiente para detectar diferencias en las tasas de fracaso.

A pesar de una fuerte evidencia de los beneficios de la cobertura de las cúspides, un estudio de los seguros de crédito por Scurria *et al*, encontraron que sólo aproximadamente el 50% de los tratamientos de conductos, los dientes posteriores se restauraban con recubrimientos cuspidos. Eckerbom y Magnusson reportaron resultados similares en un estudio de dentistas restauradores. La preservación de la estructura dental es importante para el restablecimiento de la porción coronal del diente. La estructura coronal del diente debe ser preservado para proporcionar resistencia y la retención de la corona. Esto se discutirá con más detalle en una posterior sección, (Schwartz, 2004).

PROCEDIMIENTOS EN LA CONFECCIÓN DE UN POSTE QUE PUEDE AFECTAR EL SELLA-DO ENDODONTICO.

Desobturación y preparación mecánica del conducto

Se ha determinado que aproximadamente el 60% de los fracasos endodóncicos se deben a la obturación inadecuada del conducto radicular. Esos casos se han atribuido a la penetración de las sustancias de los tejidos apicales en el canal. Además, el fracaso puede ser causado por sustancias irritantes que quedan en el canal que se pueden filtrar a través de un sello inadecuado a los tejidos periapicales, (Brosco, 2003)

Cuando se realiza la preparación mecánica del espacio para el poste es necesario eliminar parte de la obturación; este procedimiento provoca vibración y torsión del material alojado en el interior del conducto, con lo que se corre el riesgo de romper el sellado radicular hermético logrado por el cemento y guta-percha, (Meza, 2005)

Barrieshi y cols. Demostraron que una vez perdido el sellado coronal, la invasión con bacterias anaerobias (*F. nucleatum*, *P. micros*, y *C. rectus*) ocurre entre 48 y 84 días, por lo que coinciden con otros autores en no posponer la colocación del poste y restauración del órgano dentario cuando el conducto ha sido preparado Etzger *et al*. Mostraron que el sellado es proporcional a la longitud del relleno remanente, (Correa, 2008)

Cinco milímetros de material de obturación se considera un margen seguro. En muchas situaciones clínicas, sólo se puede conservar una cantidad menor de remanente con el fin de incrementar la retención del poste comprometiendo, por tanto el sellado apical. Por otro lado, Abramowitz *et al*, informaron que una reducción del relleno de 3 mm producía un sellado imprescindible. En estas situaciones, el sellador es crucial para la preservación. Algunos experimentos demostraron una menor fuga con el uso de selladores de resina epoxi en comparación con el óxido de zinc, (Correa, 2008)

Madison y Zarkariassen realizaron estudios para determinar la percolación apical que se pudiera ocasionar en dientes preparados para postes; evaluaron específicamente el efecto de la desobturación inmediata del conducto contra la preparación postergada del mismo en el sellado apical de los dientes tratados endodómicamente. Los resultados obtenidos no indican diferencias significativas entre las técnicas en cualquiera de los intervalos de tiempo estudiados, siempre y cuando la obturación endodóntica haya logrado un buen sellado apical y la desobturación del conducto para recibir un poste no sea pospuesta por un periodo mayor a dos semanas, (Meza, 2004)

Efecto de la toma de impresión en el sellado apical

La toma de impresión es un paso obligado en la realización de un poste colado, no siendo así cuando se decide colocar un poste prefabricado. Como es del conocimiento del profesional, existen diversas técni-

cas para llevar a cabo este procedimiento; éstas podrían ser divididas en directas e indirectas. Durante mucho tiempo el material de elección para tomar la impresión directa del conducto fue la cera. Con el advenimiento de las resinas acrílicas se ha logrado desarrollar un material de este tipo, específico para la toma de impresión del diente desvitalizado (Duralay, Reliance Mfg. Co) (Pattern Resin, G.C. America). Éste posee las características inherentes a la reacción de polimerización de los acrílicos de autocurado y cuando se mezclan el monómero y el polímero, existe liberación de monómero residual y de calor por el endurecimiento, (Meza, 2004)

Se ha pensado que dicha reacción de polimerización pudiera afectar el sellado del material de obturación del canal radicular. Un estudio evaluó en 44 raíces recientemente extraídas si la liberación del monómero de la resina Duralay provocaba cambios en el sellado endodóntico. Para ello se compararon la técnica de impresión con cera (grupo control) contra la técnica de impresión con resina acrílica (grupo experimental), obteniendo como resultado que no existía diferencia estadísticamente significativa entre ambas técnicas a pesar de que 3 especímenes del grupo experimental presentaron filtración en la totalidad del conducto en comparación con ninguno del grupo control, (Meza, 2004)

Esta desventaja de la resina autopolimerizable puede ser compensada mediante el uso de la resina acrílica fotopolimerizable Unifast L.C, cuya polimerización se lleva a cabo con luz visible proveniente de una unidad emisora. Las ventajas en el uso de este método son que el curado químico inicial del material provee suficiente rigidez para la adaptación a las paredes del conducto y al poste matriz, la resina se mantiene flexible hasta el endurecimiento final con la luz, y la más importante es que no existe liberación química del monómero residual que se origina en el endurecimiento de las resinas autopolimerizables, (Meza, 2004)

La técnica indirecta consiste en el uso de materiales de impresión elastómeros que son llevados al conducto a fin de obtener un modelo de trabajo en el que posteriormente se realizará el poste. Esta técnica ofrece como ventajas el que no ha sido demostrado, que los materiales elastoméricos afecten a la gutapercha y al cemento residuales, y que si existe una falla del laboratorio en el procedimiento de colado, otro patrón puede ser obtenido del modelo y no directamente en la boca del paciente. En la contraparte, la técnica es susceptible a los errores de manipulación y exactitud inherentes a los materiales elásticos, además de que para obtener la impresión completa no es posible realizar un aislamiento absoluto, lo que aumenta las posibilidades de contaminación del conducto por la penetración de saliva, (Meza, 2004)

Efecto del procedimiento de cementación y pos-cementación

En la odontología la durabilidad de una restauración depende de la formación de un fuerte vínculo entre el cemento y la dentina residual, así como entre el cemento y el poste, permitiendo la interfaz para la transferencia de estrés bajo una carga funcional, (Monticelli, 2006)

Las observaciones clínicas, revelan que aunque existe buena adhesión del cemento a la dentina y al poste, el agente cementante tiene una fragilidad y debilidad propias, por lo que su resquebrajamiento ocasiona en primera instancia pérdida del sellado, con la consiguiente decementación del poste o fractura de la raíz. Una vía que puede precipitar esta falla es el micromovimiento de la restauración coronaria originado en la función oclusal normal, así como el error en el sellado de una corona, (Meza, 2004). En muchos casos, errores en la interfaz se atribuye a agentes químicos incompatibilidad o el fenómeno de plastificación donde las impurezas (comúnmente agua) penetran en la interfaz, (Monticelli, 2006)

Indicaciones para el uso del endoposte

El propósito principal de un endoposte es la retención del material de restauración en un diente con gran pérdida de estructura coronal. Sin embargo, la preparación de un endoposte añade un cierto grado de riesgo para un procedimiento reparador, varios accidentes pueden ocurrir durante el procedimiento posterior a la preparación del espacio. Aunque es raro, estos accidentes son la perforación en la parte apical de la raíz o en las zonas laterales estriadas de la mitad de la raíz, la llamada “franja de perforación.” La colocación de los endopostes también puede aumentar el riesgo de fractura de la raíz, especialmente si un canal posterior de gran tamaño se prepara. Por estas razones, los endopostes sólo se deben utilizar cuando otras opciones no están disponibles para la retención del material. La necesidad de un endoposte varía en gran medida entre los dientes anteriores y posteriores, (Schwartz, 2004).

Dientes anteriores

Los dientes anteriores con una mínima pérdida de estructura dental pueden ser restaurados de forma conservadora con una restauración con amalgama o con composite en el acceso de apertura. Un poste es de poco o ningún beneficio en una estructura sólida en los dientes anteriores y aumenta las posibilidades de errores en la restauración. La misma conclusión es válida para una vista anterior del diente con una carilla de porcelana.

A un diente anterior tratado por endodoncia se le colocará una corona, a menudo también se indica un poste. En la mayoría de los casos la estructura de la corona del diente es bastante delgada después de haber recibido el tratamiento del canal radicular y que será preparado para una corona. Los dientes anteriores deben resistir fuerzas laterales y varios tipos de fuerzas, y las cámaras pulpares son demasiado pequeñas para proporcionar una retención adecuada y resistencia sin un poste. La cantidad de resto de la

estructura coronal del diente y lo funcional del diente determinará si un diente anterior requiere un endoposte.

MOLARES

Los dientes molares tratados endodóncicamente deben recibir la cobertura de las cúspides, pero en la mayoría de los casos, no requieren una endoposte. A menos que la destrucción de la estructura coronal del diente es extensa, la cámara pulpar y canales proporcionan una retención adecuada para una acumulación central. Los molares deben resistir fuerzas verticales principalmente. En los molares que requieren un poste, éste debe ser colocado en el conducto más grande y recto, el cual es el conducto palatino de los molares superiores y el conducto distal en los molares inferiores. Rara vez es necesario más de un poste para un molar.

PREMOLARES

Los premolares son por lo general más voluminosos que los dientes anteriores, pero a menudo son dientes unirradiculares con cámaras pulpares relativamente pequeña. Para estos motivos, requieren endopostes con más frecuencia que los molares. Los premolares son más probables que sean sometidos a fuerzas laterales durante masticación. La estructura dentaria remanente y funcional, una vez más, son los factores determinantes. Debido a la delicada morfología de la raíz presente en algunos premolares, la atención especial debe ser la precaución cuando se prepara el espacio para el endoposte (Schwartz, 2004).

PRINCIPIOS IMPORTANTES DE UN ENDOPOSTE

Retención y resistencia

La retención de un endoposte se refiere a la capacidad del poste de resistir fuerzas verticales de dislocación. La retención es influida por la longitud de entrada, diámetro y forma cónica, el cemento sellador utiliza-

do, y si la entrada es activa o pasiva. Al aumentar la longitud y diámetro del poste se puede aumentar la retención. Postes paralelos son más retentivos que los postes cónicos, postes activos son más retentivos que los postes pasivos. El diámetro es menos importante que otros factores como figuran. A pesar de que la retención se puede aumentar ligeramente en ampliar el diámetro del conducto, la pérdida de estructura dental debilita el diente. Por tanto, esto no es un método recomendado para aumentar la retención.

La resistencia se refiere a la capacidad del poste y los dientes para soportar las fuerzas laterales y de rotación. Está influida por la estructura del diente restante, la longitud de la entrada y la rigidez, la presencia de características antirotación, y la presencia del efecto férula. Una restauración que carece de resistencia no es probable que sea un éxito a largo plazo, independientemente de la retención del poste, (Schwartz, 2004)

MODO DE FALLA

Un factor importante relacionado con la resistencia es el modo de falla. Todo sistema de postes tiene un porcentaje de fracaso clínico. Sin embargo, algunos postes causan un mayor porcentaje de fracasos. Por ejemplo, los dientes restaurados con postes menos rígidos, tales como postes de fibra, tienden a tener fallos que tienen más probabilidades de ser recuperables. Los dientes preparados con una férula también tienden a ser más favorables. El tipo de material del endoposte también puede afectar a modo de falla. Pilo *et al.* Informó que los núcleos de resina fallan más favorablemente que la amalgama o el oro, (Schwartz, 2004).

CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DENTAL

Siempre que sea posible, tanto como la estructura coronal y radicular deben ser conservadas. En la mayoría de los casos, la preparación de un espacio para el poste debe requerir el retiro mínimo de dentina ra-

dicular adicional más allá de la requerida para el tratamiento del canal radicular. Una nueva ampliación sólo debilita la raíz. Se ha demostrado que postes de metal no fortalecen la raíz. Se pensaba que los postes fortalecían la raíz inicialmente pero este refuerzo probablemente se perdía con el tiempo a medida que el diente está expuesto a sus funciones hace hincapié que el vínculo entre la resina y la dentina se debilita. Debe ser mínima la ampliación del espacio del poste, el poste debe ser de un material resistente que puede soportar fuerzas funcionales y parafuncionales, (Schwartz, 2004).

EL EFECTO FÉRULA

El efecto de férula es importante para el éxito a largo plazo cuando se utiliza. Una férula se define como una banda vertical en la estructura de los dientes en la porción gingival en la preparación de la corona. Esta añade algunas retenciones, pero sobre todo proporciona resistencia y aumenta la longevidad. Stanekiewicz y Wilson publicó una buena revisión del tema en 2002. Una férula de 1 mm de la altura vertical demostró el doble de la resistencia a la fractura en comparación con dientes restaurados sin una férula. Otros estudios han demostrado los efectos beneficiosos de una férula con 1,5 mm a 2 mm de la estructura del diente vertical. En otro estudio realizado no se observaron diferencias en la fractura de resistencia con o sin 2 mm de férula usando postes prefabricados y cemento de resina. Sin embargo, los patrones de fracturas fueron más favorables cuando una férula estaba presente. La mayoría de las fracturas en los dientes sin la férula no se pueden restaurar. Un estudio realizado por Saupe *et al.* También informa que no hay diferencia en la resistencia a la fractura de los dientes con los postes con o sin férula. En algunos casos, sobre todo con los dientes anteriores, es necesario llevar a cabo la un alargamiento de corona o erupción ortodóntica de un diente para proporcionar una adecuada férula, (Schwartz, 2004).

RECUPERABILIDAD DE UN ENDOPOSTE

Aunque el tratamiento endodónico no quirúrgico goza de una reputación como un tratamiento de gran éxito, algunos estudios han reportado bajas tasas de éxito. Por esta razón, es importante que los postes puedan ser recuperados si el retratamiento endodónico sea necesario. En la mayoría de los casos, los postes de metal se pueden quitar con eficacia y con seguridad. Una serie de casos por Abbott informaron sólo una fractura radicular de 1600 postes eliminados. La mayoría de los postes de fibra se informa que son fáciles de recuperar. Por el contrario, los postes de cerámica y zirconio se consideran muy difíciles y a veces imposibles de recuperar. La recuperabilidad debe tenerse en cuenta al planificar el tratamiento del endoposte, (Schwartz, 2004)

PRONÓSTICO PARA DIENTES ENDODONCIADOS MEDIANTE EL USO DEL ENDOPOSTE

Estudios sobre longevidad son a veces difíciles de comparar debido a la diferencias en el diseño del estudio y debido a la cantidad de estructura coronal del diente que permanece y la calidad del sellado coronal son desconocidas. Sin embargo, proporcionan una buena comprensión del tema. Mentick *et al.* Reportaron 82 % de éxito en 516 dientes anteriores restaurado con postes de metal durante más de 10 años. Torbjorner *et al.* Reportaron un 2,1 % la tasa de fracaso por año para los 788 dientes con postes de metal durante un año. Otro estudio calcula la tasa de supervivencia media de los dientes con postes de metal de 17 años. Weine *et al.* registraron 9 fracasos de 138 dientes restaurados con pernos colados y núcleos. En un estudio con 25 años de seguimiento, la longevidad de los dientes restaurados después de un tratamiento de endodoncia con endopostes y la corona eran los mismos que los dientes con pulpas vitales y coronas, (Schwartz, 2004).

La mayoría de los estudios clínicos recientes han examinado que dientes restaurados con postes de fi-

bra, y los períodos de evaluación son bastante cortos. En un estudio retrospectivo, Ferrari *et al.* informó de un 3.2 % de fracaso de 1306 con postes de fibra en períodos de observación de 1 a 6 años. Tres tipos de postes de fibra fueron utilizados. Un estudio de los puestos de fibra de carbono informó un 7.7 % tasa de fracaso en 52 dientes con un seguimiento medio de 28 meses. Un estudio de postes de fibra de cuarzo informó de un fallo del 1.6% en 180 dientes con un período de observación de 30 meses. Aunque estos estudios son de un periodo relativamente corto, los resultados iniciales parecen prometedores con esta tecnología relativamente nueva. Sin embargo, será necesario seguir vigilando para el futuro estudios con periodos de seguimiento más largos, (Schwartz, 2004).

TIPOS DE ENDOPOSTES

Los endopostes se clasifican de varias maneras diferentes. Para el propósito de esta revisión, serán clasificados como activos o pasivos, paralelo o cónicos, y por la composición del material.

Postes activos y pasivos

La mayoría de los postes activos son de rosca y se destina a contactar con las paredes del canal, mientras que los postes pasivos se mantienen estrictamente en contacto con el cemento. Los postes activos son más retentivos que los postes pasivos, pero generan una mayor tensión en la raíz que los postes pasivos estos se utilizar de forma segura, sin embargo, en las raíces con una gran cantidad de dentina. Su uso debe limitarse a raíces cortas en que es necesaria la retención máxima.

Postes paralelos versus cónicos

Los postes paralelos de metal son más retentivos que los postes cónicos, y esto también es igual en los postes de fibra. Los postes paralelos inducen menos tensión en la raíz, por lo cual son menos propensos

a causar fracturas en la raíz que los postes cónico. En un estudio retrospectivo, Sorensen y Martinoff reportaron una tasa de éxito mayor con postes paralelos que con los postes cónicos. Los postes cónicos, por el contrario, es necesario retirar menos cantidad de dentina porque la mayoría de raíces son cónicas. Estos son principalmente indicados en dientes con raíces delgadas y con delicada morfología.

Postes prefabricados y núcleos

Los postes prefabricados suelen ser de acero inoxidable, níquel, aleación de cromo, o de aleaciones de titanio. Ellos son muy rígidos, y con la excepción de las aleaciones de titanio, muy fuertes. Ofrecen poca resistencia a la fuerza de rotación. Esto no es un problema si se mantiene la estructura dental adecuada, pero si el diente tiene una estructura mínima, se deben de incorporar características antirotación en la preparación posterior con las ranuras o los pines. Los postes cónicos pasivos ofrecen la menor retención de los postes prefabricados, pero permiten el retiro mínimo de dentina radicular, ya que su forma cónica se parece a la morfología del canal. Si hay una longitud del canal adecuado, son una buena opción, sobre todo en las raíces finas como premolares superiores. Una adecuada longitud se considera superior a 8 mm. Una adicional retención puede ser requerida en un poste paralelo, mediante el uso de un cemento de resina o por el uso de un poste activo.

Muchos de los postes prefabricados están hechos de aleaciones de titanio y algunos son de latón. Los de titanio fueron introducidos por la preocupación por la corrosión. La mayoría de los postes de aleaciones de titanio tienen una radio densidad similar a la gutapercha y sellador y algunas veces son difíciles de detectar en las radiografías. Los postes de titanio tienen una baja resistencia a la fractura, lo que significa que no son fuertes y que permita su uso en los canales posteriores delgados. La eliminación de postes de titanio puede ser un problema porque a veces se

rompen cuando la fuerza es aplicada con un instrumento de extracción de postes. El uso prolongado de ultrasonidos y la energía para quitar un endoposte de titanio pueden ser perjudiciales para el diente o los tejidos circundantes. Para estas razones, postes de titanio y latón deben ser evitados, ya que no ofrecen ventajas reales sobre los postes de metal más fuertes.

Postes y núcleos

Los núcleos y postes colados fueron la norma durante muchos años y todavía son utilizados por algunos médicos. Por lo general, no tienen el rendimiento como otros tipos de postes en las pruebas *in vitro* y estudios clínicos. Han caído en desgracia, ya que requieren dos citas, tiempo y una tarifa de laboratorio. Sin embargo, hay estudios que reportan una alta tasa de éxito con endopostes colados y núcleos y ofrecen ventajas en ciertas situaciones clínicas. Por ejemplo, cuando se requieren varios endopostes, a veces es más eficiente hacer una impresión y la fabricación de ellos en el laboratorio en vez de colocar un poste y reconstruir en los distintos dientes como un procedimiento en el consultorio. Los postes colados y núcleos pueden ser se indicados cuando un diente está mal alineado y el núcleo debe ser en un ángulo en relación con el poste para lograr una alineación correcta con el diente adyacente. Endopostes colados y núcleos también pueden estar indicados en los dientes pequeños, como los incisivos inferiores, cuando existe una mínima estructura coronal del diente disponible para características anti rotación o adhesión. Los postes colados y núcleos son fáciles de retirar cuando el retratamiento es necesario.

Tal vez la mayor desventaja para los endopostes colados y núcleos se encuentra en áreas que requieren una restauración temporal estética. Cementos temporales y coronas no son eficaces para prevenir la contaminación del sistema de conducto radicular. Cuando un poste temporal y la corona son necesarios, se debe

de colocar un material de barrera sobre el material obturado, y el poste colado y núcleo debe ser fabricado y cementado lo más rápidamente posible.

Endopostes de cerámica y circonio

Un factor que ha reducido el uso de postes de metal es la estética. Los postes del metal son visibles a través de la translucidez de restauraciones de cerámica sin metal e incluso con las restauraciones menos translúcidos pueden causar en la encía marginal que aparezca oscura. Estas preocupaciones han llevado al desarrollo de los postes que son de color blanco y o translúcidos. Entre los materiales utilizados para la estética son los postes de circonio y otros materiales de cerámica. Estos postes tienen varias desventajas. Como grupo, tienden a ser más débiles que los postes de metal, estos postes son más gruesos por lo que puede ser necesario retirar estructura adicional del conducto radicular. Los postes de circonio no pueden ser grabados, por tanto, no es posible enlazar un núcleo compuesto (resina) con el material de restauración y el poste, por lo que la retención es un problema central. La recuperación de postes de circonio y cerámica es muy difícil, si el retratamiento de endodoncia es necesario o si el poste se fractura. Algunos materiales de cerámica pueden ser removidos con una fresa, pero éste es un procedimiento tedioso y peligroso. Por esta razón, postes de cerámica y de circonio deben ser evitados.

POSTES DE FIBRA

Los postes de fibra de carbono fueron muy populares en la década de 1990. Sus principales ventajas es que eran más flexibles que los postes de metal y tenían aproximadamente el mismo módulo de elasticidad (rigidez) como la dentina. Cuando se colocan con un cemento de resina, se pensaba que las fuerzas se distribuyen de manera más uniforme en la raíz, resultando en menos fracturas radiculares. Esto nace por lo general en estudios *in vitro* e *in vivo*.

Los postes de fibra de carbono originales eran oscuros, que era un potencial problema al considerar la estética, como se discute con anterioridad. Las versiones más recientes son de color blanco. Son relativamente fáciles de quitar mediante la perforación a través del centro del poste con un instrumento ultrasónico o rotatorio. La orientación de las fibras ayuda a mantener el instrumento de expulsión en la alineación apropiada.

Otros tipos de postes de fibra también están disponibles, incluidos los de fibra de cuarzo, fibra de vidrio y los postes de fibra de silicio. Se pretendía ofrecer las mismas ventajas que los postes de fibra de carbono, pero con una mejor estética. Debido a que son más recientes, en la actualidad se encuentran menos investigaciones disponibles sobre ellos que los postes de fibra de carbono. La mayoría de los postes de fibra son relativamente radiotransparentes y tienen aspectos radiográficos diferentes de los postes tradicionales, (Schwartz, 2004).

ESTUDIOS QUE COMPARAN SISTEMAS DE POSTES IN VITRO

La mayoría de los estudios *in vitro* compararon la resistencia a la fractura de los postes utilizando sistemas de carga continua o intermitente. En las pruebas con carga el fracaso de las fracturas de los dientes con endopostes se realizaron con cargas de fuerzas continuas en una maquina hasta que el fracaso y los valores de carga se registran y se comparan. En los últimos años, cargas intermitentes se han vuelto más populares, porque se piensa que es más representante de las fuerzas que se producen *in vivo*. Ciclos de cargas continuas se aplican hasta que el fracaso o un número determinado de ciclos y los resultados se informan como el número de ciclos de fracaso. Algunos de estos estudios también informaron sobre el modo de falla.

Los resultados fueron mixtos entre los estudios que utilizan una carga continua pero son ligeramente

más favorables hacia los postes de metal. Cormier *et al.* realizaron un estudio con postes de acero inoxidable, oro, y cuatro marcas comerciales de postes de fibra, encontró que los dientes con postes de acero inoxidable tuvieron la más alta carga de fractura, mientras que dientes con uno de los sistemas de fibra de cuarzo habían sido de los más bajo. Martínez-Insua *et al.* reportaron un aumento en las cargas de fractura con oro fundido que los postes de fibra de carbono. Newman *et al.* pusieron en comparación postes de acero inoxidable con tres marcas de postes de fibra y encontraron mayores cargas de fracaso en los dientes con los postes de acero inoxidable. Sidoli *et al.* hicieron una comparación en postes de oro fundido, acero inoxidable y fibra de carbono e informaron que los dientes que contienen los postes de metal fueron equivalentes y fueron significativamente superiores a las cargas que los dientes que contienen postes de fibra de carbono. Akkayan *et al.* realizaron una comparación de postes de titanio, fibra de vidrio, fibra de cuarzo, y el circonio. Se informó que resistieron cargas más altas los dientes con los postes de fibra de cuarzo. Ottl *et al.* informaron de las cargas más altas de fracaso son con postes fibra de carbono, seguido por el acero inoxidable y cerámica. Teniendo en Circonio los valores más bajos. Raygot *et al.* no encontraron diferencias entre oro fundido, acero inoxidable, y los postes de fibra de carbono.

Similares resultados mixtos fueron reportados en los estudios que emplearon intermitentes cargas, también llamada carga cíclica. Isador *et al.* realizaron una comparación con oro, titanio y fibra de carbono reportaron mejores resultados con los postes de metal que el del poste de fibra de carbono. Reid *et al.* realizaron una comparación con postes de titanio con tres postes de fibra de carbono y un poste de fibra de cuarzo, y no informaron diferencias. Butz *et al.* utilizaron las cargas cíclicas, seguidas de cargas continuas, para comparar el oro fundido, titanio con un núcleo de resina y núcleo de cerámica. El grupo

circonio/resina se comportó significativamente peor que los demás sistemas de postes los cuales fueron equivalentes en cuanto los resultados obtenidos.

Cuatro de los estudios evaluados a modo de fallo, además de la fractura de cargas. Tres de los estudios informaron los modos de fallo más favorable con postes de fibra que postes metálicos. Martínez-Insua *et al.* reportaron resultados similares, pero comentó que la fractura de las cargas superó a las que normalmente están presentes en la clínica.

Varios estudios compararon la retención de los sistemas de postes. Purton y Love reportaron una mayor retención de postes de acero inoxidable que los postes de fibra de carbono. Ambos fueron cementados con cemento de resina. Gallo *et al.* informaron que los postes de acero inoxidable cementadas con cemento de fosfato de zinc había una mayor retención más que una gran variedad de postes de fibra cementados con cemento de resina. Qualtrough *et al.* presentaron valores con una mayor retención con un poste de fibra de cuarzo que el de titanio, fibra de vidrio, o los postes de fibra de carbono. El cemento de resina se utilizó para todos los sistemas de postes. Drummond no observó diferencias en la retención de postes de acero inoxidable y de tres postes de fibra, todos con el mismo agente de cemento de resina, (Schwartz, 2004)

PREPARACIÓN DEL ESPACIO DEL ENDOPOSTE

Como se dijo anteriormente, la preservación de la dentina radicular es importante, por lo que se debería hacer la ampliación mínima del canal más allá de la forma que se desarrolló durante la instrumentación del canal radicular. En la mayoría de los casos, lo mejor es que el clínico que realiza el tratamiento del conducto radicular también prepare el espacio para el endoposte, debido a que está íntimamente familiarizado con la anatomía del canal. La gutapercha se puede quitar con la ayuda de calor o productos

químicos, pero con mayor frecuencia, fácil y más eficiente con instrumentos rotatorios. En la literatura clásica en general, establece que el tiempo para preparar el espacio para poste no importa. Un artículo más reciente mostró que la preparación del espacio del endoposte inmediata fue mejor, mientras que otro no mostró diferencias.

Varios autores hacen recomendaciones acerca de la longitud de conducto. Un artículo de revisión por Goodacre y Spolnik recomienda que la longitud del poste en la raíz debe ser igual a 3 / 4 de longitud del conducto, si es posible, o al menos igual a la longitud de la corona. Advierten que 4 a 5 mm de gutapercha apical debe permanecer para mantener un correcto sellado. En un estudio retrospectivo, Sorensen y Martinoff reportaron el 97% éxito si la longitud del poste es al menos igual a la altura de la corona. Conforme a Neagley, reportaron que 8 mm es la longitud mínima requerida para un poste. Se ha demostrado que la fuerza se concentran en la cresta ósea durante la función masticatoria. En los dientes con postes de metal. También se concentran las fuerzas en la porción final del endoposte. Por lo tanto, un poste siempre debe extenderse apicalmente más allá de la cresta ósea. Según las enseñanzas tradicionales, un mínimo de 3 a 5mm de gutapercha debe permanecer en la parte apical de la raíz para mantener un adecuado sellado. Un estudio reciente de Abramovitz *et al.* demostraron que 3 mm de gutapercha proporcionan un sello apical poco fiable, por lo tanto, desde 4 hasta 5 mm se recomienda, (Schwartz, 2004)

CEMENTOS

Cualquiera de los cementos actuales se puede utilizar con éxito con un endoposte si los principios adecuados son seguidos. El agente más común de cementado es el fosfato de zinc, resina, ionómero de vidrio y cementos de ionómero de vidrio con resinas modificadas.

La tendencia reciente ha sido hacia cementos de resina, ya que aumentan la retención tienden a me-

nor filtración que otros cementos y proporcionan al menos el fortalecimiento a corto plazo de la raíz. Un estudio realizado por Bachicha *et al.* reportaron menos filtración cuando el cemento de resina se utiliza con acero inoxidable y postes de fibra de carbono en comparación con el fosfato de zinc o cementos de ionómero de vidrio, estudios que tuvieron resultados similares fueron reportados por Reid *et al.*, Junge *et al.* informaron que los postes cementados con resina fueron más resistentes a una carga cíclica que los cementados con fosfato de zinc o cemento de ionómero de vidrio con resina modificada. Los cementos de resina han sido recomendados para el fortalecimiento de las raíces con paredes delgadas. Los ejemplos incluyen los dientes inmaduros o con los dientes con caries extensas. La resina puede unirse a algunos tipos de postes, por lo que teóricamente la dentina, resina y los endopostes se pueden unir a través de la adhesión de resina en una sola unidad, al menos por un período de tiempo.

Por desgracia, los cementos de resina tienen algunas desventajas. Los cementos de resina son más sensibles que la mayoría de los otros cementos. Se requieren pasos adicionales, tales como la preparación de las paredes del canal con ácidos o con EDTA y colocar un agente que se una a dentina. La contaminación de la dentina puede ser un problema. Por otra parte la colocación de materiales adhesivos dentro del conducto también puede ser problemático. El poste debe ser cementado con un cemento de autocuración o de doble curado. El cemento de resina se mezcla y se colocado en el poste. Estos pasos se deben realizar de forma rápida y cuidadosamente para asegurar que el poste esté completamente asentado.

En general se cree que los conductos radiculares con selladores que contiene eugenol inhiben la polimerización de los cementos de resina. Se informa que este problema se puede evitar por completo con la limpieza y el grabado de las paredes del conducto. Según un estudio realizado por Varela *et al.* la precau-

pación por los efectos negativos de irrigantes de hipoclorito de sodio sobre la adhesión de resina a la dentina también carece de fundamentos. Los adhesivos de los sistemas de cuarta generación (sistemas de 3 pasos) proporcionan un mejor adhesivo a la dentina radicular. Cementos de autocuración o de doble curado deben ser utilizados debido a la limitada penetración de luz en la raíz, incluso con postes translúcidos, (Schwartz, 2004).

MATERIALES DE NÚCLEO

El objetivo del poste es mantener el núcleo, que a su vez ayuda a retener la corona. Con endopostes colados y núcleos, el núcleo se forma en el poste directamente sobre el diente o indirectamente en un modelo de yeso. La forma general y orientación se desarrolla durante la fabricación. Los endopostes prefabricados se utilizan en combinación con la acumulación de un material de restauración que se coloca después de la cementación del poste. Las opciones son la amalgama, materiales de ionómero de vidrio y resina compuesta.

Los materiales de ionómero de vidrio, incluyendo ionómero de vidrio con resina modificada, tienen una falta de resistencia adecuada como materiales de acumulación y no debe utilizarse en los dientes con gran pérdida de estructura en el diente. Cuando hay una pérdida mínima de la estructura dental se pueden usar materiales de ionómero de vidrio para reconstruir el órgano dentario, como después de la eliminación de una restauración MOD.

La amalgama se ha utilizado como material para reconstruir con ciertas ventajas y limitaciones. Tiene buenas condiciones físicas y propiedades mecánicas y funciona bien en áreas con altas tensiones. En muchos casos, se requiere la adición de retenciones u otros métodos que faciliten la retención y la resistencia a la rotación. La colocación puede ser difícil cuando hay una mínima estructura coronal del diente, y la preparación de la corona debe retrasarse para

permitir la cristalización de la amalgama. La amalgama puede causar problemas estéticos con coronas de cerámica y, a veces hace que la encía se vea oscura. También hay un riesgo por el tatuaje de la encía cervical por las partículas de amalgama durante la preparación de la corona. La amalgama no tiene propiedades adhesivas naturales y debe utilizarse con un sistema de adhesión para la reconstrucción del órgano dentario.

En la actualidad, la resina compuesta es el material más popular y tiene algunas características como material ideal para reconstrucción. Puede ser unido a muchos de los postes actuales y a la estructura del diente para aumentar la retención. Tienen alta resistencia a la tracción y el diente puede ser preparado para una corona inmediatamente después de la polimerización. Pilo *et al.* mostraron que los núcleos de resina compuesta tienen resistencia a las fracturas, comparable a la amalgama, postes colados y núcleos, con los patrones de fractura más favorables en el momento de que fallen. Es del color del diente y puede ser utilizado bajo las restauraciones translúcidas sin afectar al resultado estético. El lado negativo, es que el compuesto se contrae durante la polimerización, causando déficit de retención en las áreas en que la adhesión es más débil. Absorbe el agua después de la polimerización, lo que provoca su expansión, y sufre una deformación plástica en repetidas cargas. La adhesión a la dentina en el piso pulpar suele ser no tan fuerte, ni fiable en cuanto a la dentina coronal. Debe haber un estricto aislamiento. Si la superficie de la dentina está contaminada con sangre o saliva durante los procedimientos de adhesión, la adherencia se reduce considerablemente. A pesar que este material está lejos de ser ideal, es actualmente el material más utilizado. Este material no es una buena opción, si hay un mínimo de estructura coronal del diente, sobre todo si el aislamiento es un problema, (Schwartz, 2004).

SON LOS POSTES NUEVOS MEJORES QUE LOS DE METAL

Los postes del metal han sido el estándar durante muchos años en la odontología restaurativa, pero la tendencia reciente en la práctica clínica ha sido hacia los postes que no son de metal. Muchos de los reclamos se han hecho sobre los postes de fibra, en particular, por los fabricantes y sus voceros. Aunque los postes no metálicos parecen ser prometedores las investigaciones no soportan del todo y todavía hay preguntas sin responder, (Schwartz, 2004).

¿REFUERZAN REALMENTE LA RAIZ?

La respuesta parece ser sí, al menos en el corto plazo. Postes adhesivos se reporta fortalecen la raíz inicialmente, pero este efecto de refuerzo se pierde probablemente con el tiempo. La adhesión de la resina a la dentina se ha demostrado que disminuye con el tiempo *in vitro* y en vivo. Por tanto, es probable que cualquier beneficio inicial obtenido debido a la adhesión a la dentina se pueda perder debido a las tensiones físicas, químicas y mecánicas en la cavidad oral. Investigaciones de laboratorio sobre los efectos de fortalecimiento de los postes adhesivos evalúan el envejecimiento y las cargas cíclicas para determinar si el efecto de refuerzo es duradera o solamente transitorio, (Schwartz, 2004)

¿ES LA ADHESION A LA DENTINA RADICULAR UN PROBLEMA?

La adhesión a la dentina puede ser algo impredecible debido a la variabilidad de la dentina en general y en particular a la dentina radicular. Con la excepción de un estudio se informó que la adhesión a la dentina radicular es más impredecible que a la dentina de la corona, por lo que la calidad de la adhesión puede ser un poco comprometida y con sujeción a la degradación. Debido a las diferencias morfológicas de la dentina radicular (es decir debido a la reducción en la densidad de los tubulos dentinarios y por la expresión

alterada de colágeno), la adherencia es más problemática en la dentina apical en comparación con la dentina coronal, (Schwartz, 2004).

¿ES BENEFICIOSO UN POSTE CON LA MISMA DENSIDAD QUE LA DENTINA?

Esta es una pregunta difícil de responder sobre la base de las investigaciones actuales. En teoría un poste que se flexiona, junto con el diente durante su función debería dar lugar a una mejor distribución de las tensiones y menos fracturas. Esta parte de la cuestión se apoya en la literatura. Es una pregunta sin respuesta si tener un poste flexible permite el movimiento del núcleo, dando lugar al aumento de la microfiltración bajo la corona. Esta cuestión es especialmente importante cuando hay una mínima estructura de la corona. Debido a que el poste es considerablemente más delgado que el diente. Se necesita investigaciones adicionales para optimizar las propiedades mecánicas de los postes de fibra, (Schwartz, 2004).

OTRAS PREGUNTAS SIN RESPUESTA SOBRE LOS POSTES FLEXIBLES

Los estudios realizados por Drummond y sus colegas han demostrado que postes de fibra pierden resistencia a la flexión con el envejecimiento y termociclos. La importancia de estos hallazgos no se entiende claramente, pero de acuerdo con estos artículos, la utilización en el medio bucal aumenta su degradación y reduce potencialmente su vida clínica. Las investigaciones clínicas adicionales en el laboratorio en estudios a largo plazo determinarán si estos hallazgos son clínicamente significativos, (Schwartz, 2004).

CONCLUSIONES

Ciertos principios básicos se siguen en la restauración de dientes con tratamiento de conductos, es posible alcanzar altos niveles de éxito clínico con la mayoría de los sistemas de restauración actual.

Estos principios son:

1. Evitar la contaminación bacteriana del sistema del canal radicular
2. Brindar cobertura de las cúspides de los dientes posteriores
3. Conservar estructura radicular y coronal
4. Utilice los postes con una resistencia suficiente en diámetros finos
5. Proporcionar al poste una longitud adecuada para la retención
6. Maximizar la forma de resistencia incluyendo una férula adecuada
7. Utilizar postes que se puedan recuperar

La mayoría de los sistemas de postes se pueden utilizar con éxito si estos principios se siguen, pero algunos de los postes deben ser excluidos debido a la falta de fuerza y la dificultad en la recuperación. Las aleaciones de titanio son relativamente débiles y pueden estar sujetos a la fractura en diámetros finos. También son más difíciles de recuperar que los postes de metal. Cualquiera de los beneficios que ofrecen son más que compensados por sus desventajas. Postes activos de rosca sólo deben utilizarse cuando la retención máxima se requiere. Debido a que provocan estrés en la estructura de la raíz y son difíciles de recuperar. Los postes cerámicos y de circonio no se pueden recuperar en la mayoría de los casos y deben evitarse.

La tendencia en la práctica clínica y la literatura es hacia los postes de fibra, las investigaciones son favorables hacia ellos, aunque no abrumadora. Su actuación en pruebas in vitro se aproxima al de los postes de metal y la mayoría de los estudios coinciden en que su modo de fallo es más favorable que con los postes de metal. Los estudios clínicos han sido favorables hasta la fecha. El uso de postes de fibra probablemente continuará creciendo, en estudios de investigación clínica a largo plazo informaron niveles

similares de éxito como se ve relativamente en estudios a corto plazo ya publicado.

LITERATURA CITADA

BROSCO V.H, N. BERNARDINELI, I. MORALES, 2003. "In vitro" evaluation of the apical sealing of root canals obturated with different techniques. *J. Appl. Oral Sci.* 11 (2): 181-185.

CASANELLAS J.M, J.L. NARRO, L.A. SANCHEZ, A.F. ESPÍAS, 2004. Retención de un poste cilíndrico-cónico. Estudios comparativos de seis cementos y dos formas de cementación distintas. *DENTUM 4 (3): 82:87.*

CASANELLAS B, J. CADAFALCH, C. CANALDA, X. MARTI, J. OLIVERES, 2005. *Reconstrucción de dientes endodonciados.* 1ª ed. Madrid, España: Editorial Pues.

CHEUNG W., 2010. *A review of the management of endodontically treated teeth. Post, core and the final restoration* Disponible en: (Consulta el 28 de julio del 2010) <http://www.endoexperience.com/documents/ARviewofManagementofEndoTreatedTeethCheung.pdf>

CLAPES M.L, M.M. CLAVILLE, S. FERNANDEZ, O. FIGURAUERAS, S. COSTA, M. ROIG, I. GINER, M. COSTADA, 2004. Restauración del diente endodonciados ¿Debemos colocar siempre un poste? *DENTUM (4): 130-134.*

CORREA A.L, S. GONZÁLES, M.P. GONZALEZ, 2008. Efecto de la preparación del espacio para el poste sobre el sellado apical influencia del intervalo y del sellador. *Odontología Clínica 1:10-40.*

HUETE R., 2006. Postes prefabricados versus postes colados: comparación clínica de las dos técnicas. *Oδοντος (Odontos) 8*: 65-71

KOGAN E., 2001. Postes flexibles de fibra de vidrio (técnica directa) para restauración de dientes tratados endodónticamente. *ADM, 58 (1)*: 5-9.

KOGAN E., G. ZYMAN, 2004. Estudio comparativo de la adaptación de 3 sistemas prefabricados de postes endodónticos a la preparación del conducto *ADM. 61 (3)*: 102-108.

MEZA A.O, J.A. VERA, A. DIB, S. HENRY S, 2005. Postes radiculares y sellado endodóntico. *Revista de la Asociación Dental Mexicana (ADM) 62 (4)*:132-136.

MONTICELLI F., M. TOLEDANO, F.R. TAY, A.H. CURY, C. GORACCI, M. FERRARI, 2006. Post-surface conditioning improves interfacial adhesion in post/core restorations. *Dental Materials 22*: 602-609.

REALES G.A, A. LABANCA, G.A., SIELI G, 2010. Restauración de dientes tratados endodónticamente. La influencia del Efecto Ferrule en la resistencia a la fractura. (Consulta el 2 de agosto del 2010). Disponible en: http://www.gruporpi.com.ar/trabajoscientificos/articulo_ferrule.pdf

SCOTTI R, FERRARI M., 2004. *Pernos de fibra. Bases teóricas y aplicaciones clínicas.* 1ª ed. España: Editorial Masson.

SCHWARTZ, R.S., J.W. ROBBINS, 2004. Post Placement and Restoration of Endodontically Treated Teeth: A Literatura Review. *Journal of Endodontics. 30 (5)*: 289-301

SEDANO C.A, F.J. REBOLLAR, 2001. Alternativas estéticas de postes endodonticos en dientes anteriores. *ADM 58 (3)*: 108-113.

SUÁREZ J, M.J. RIPOLLES, G.R., PRADIES, 2006. Restauración del diente endodonciado. Diagnóstico y opciones terapéuticas. **REDOE** <http://www.redoe.com/ver.php?id=42>

UCHOA R, PAREDES A.H, OERTLY D, PEREIRA A.B, VIEGAS R. PEDROSA R, BRAZ R., 2008. *Acta Odontológica Venezolana.* http://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/4/pernos_intrarradiculares_vidrio.asp



Evaluación del flujo hídrico como componente de un estudio de factibilidad en un proyecto carretero

Víctor Miguel Sánchez Vázquez¹
Pedro Vera Toledo¹
Sergio López Mendoza²
Rodolfo Palacios Silva*

RESUMEN

Se presenta un método cualitativo para identificar limitaciones ambientales a la propuesta de la carretera Tuxtla Gutiérrez-Villaflores. El estudio permite identificar zonas potenciales de afectación al proyecto ocasionada por la presencia de una red de drenaje natural en la zona de estudio.

Palabras clave: Estudio de factibilidad ambiental, modelo de flujo hidrológico, Sistemas de Información Geográfica.

ABSTRACT

A qualitative method is showed to identify environmental restrictions to road proposal between Tuxtla Gutiérrez-Villaflores. The study is a tool to identify potential areas of affectation caused by the presence of a natural drainage network.

Keywords: Environmental assessment, run-off model, Geographic Information System

INTRODUCCIÓN

Los estudios de factibilidad son una herramienta útil durante la fase previa a la evaluación de cualquier proyecto que tenga el propósito final de otorgar bienes y servicios. Particularmente en su componente ambiental, el estudio de factibilidad no sólo considera de forma preliminar algunas de las modificaciones del entorno ambiental esperadas tanto en la implementación como en la operación del proyecto sino que además, busca orientar algunas estrategias para alcanzar mayores efectos positivos en el proyecto, con ayuda de la información básica obtenida a partir del análisis ambiental (Solaño-López, 2006).

Al igual que una evaluación de impacto ambiental, procedimiento técnico, administrativo, normativo y analítico destinado a identificar e interpretar, así como a prevenir o recomponer, los efectos de corto, mediano y largo plazo de actividades, proyectos, programas y/o emprendimientos públicos o privados que puedan ocasionar modificaciones significativas del ambiente (Semarnat, 2009); los estudios de factibilidad ambiental pueden ser descriptivos y analíticos (Conesa Fernández, 1993; Coria, 2008). El estudio es descriptivo cuando se caracteriza el medio físico y analítico cuando además, se identifican limitacio-

¹Escuela de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingenierías. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte/Poniente. Col. Lajas Maciel. CP29039. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tel. 052 (961) 1256033

²Escuela de Ingeniería en Geomática. Facultad de Ingenierías. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte/Poniente. Col. Lajas Maciel. CP29039. Tuxtla Gutiérrez, Chapas, México. Tel. 052 (961) 6170440

*Autor para correspondencia rod_palacios@hotmail.com

nes en la ejecución del proyecto. A diferencia de una evaluación de impacto ambiental, las restricciones observadas en el análisis del sistema natural son utilizadas como herramientas de adecuación y no como impedimentos para la ejecución del proyecto.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta básica para realizar un método descriptivo que puede llegar a tener un alcance inferencial dentro de los estudios de factibilidad ambiental, el método de superposición de mapas. Este método tiene como fundamento modelar espacialmente un conjunto de variables cualitativas que describen el entorno físico, sintetizando un paisaje heterogéneo en unidades homogéneas. El poder de esta herramienta radica en su capacidad para relacionar diferentes tipos de datos como imágenes de satélite, fotografías aéreas, además de muchas y diferentes fuentes de datos geográficos, así como su capacidad para la integración de datos con diferentes escalas. También, los SIG son una herramienta que facilita la toma de decisiones ya que permite evaluar cualitativamente diferentes escenarios de manejo y mostrar en forma simple las estrategias de mitigación.

Particularmente, la modelación espacial de la hidrología de un paisaje podría ofrecer información básica que incorpora procesos causales que afectan el nivel operativo de una carretera. La red hídrica de una zona en particular depende de la combinación de cuatro factores del entorno ambiental a escala de paisaje: clima, suelo, vegetación, y topografía. El impacto del clima se relaciona con la cantidad y la intensidad de la lluvia. Si la precipitación es mayor, el flujo hídrico también es mayor y por lo tanto mayor impacto a la infraestructura (Dewberry y Davis, 2008). La contribución de las características del suelo al flujo se relaciona con el tamaño de las partículas del suelo y del contenido de agua del suelo, si las partículas son más pequeñas o el suelo contiene más agua entonces existe un mayor flujo. La vegetación por otro lado, también desempeña un papel determi-

nante, los suelos desnudos producen más flujo superficial. Mientras que la influencia de la topografía a el flujo se asocia básicamente a la pendiente y el tamaño de la ladera, cuanto mayor es la pendiente y mayor la longitud de la ladera (Perrin *et. al*, 2003). El objetivo de este trabajo fue identificar zonas críticas dentro del proyecto carretero Tuxtla Gutiérrez-Villaflores utilizando un modelo de escorrentía. Considerando que la red de drenaje es una condicionante importante en la operación del proyecto.

MÉTODO

Sistema de estudio

El proyecto se encuentra dentro de un sistema hidrológico comprendido en la región Grijalva-Usamacinta, entre los 16°36'00" y 16°42'00" Norte y los 93°36'00" y 93°45'36" Oeste (fig. 1). El estudio de factibilidad se refiere al proyecto carretero que propone comunicar las ciudades de Tuxtla Gutiérrez-Villaflores a través de una vía de dos carriles que recorre 70 km de longitud y tiene un cuerpo de 12 m en su sección transversal, incluyendo un carril por sentido y acotamientos en los extremos, donde se espera un volumen promedio diario de tránsito desde 1500 hasta 3000 vehículos (clasificación técnica oficial del tipo B), cuyo objetivo principal es establecer condiciones favorables para el tránsito comercial, fomentar el desarrollo turístico y ofrecer un trayecto seguro para los usuarios.

Descripción del medio físico

Para describir inicialmente el entorno físico fue considerada el área obtenida por el ensanchamiento de 100 m a cada lado del trazo propuesto, de tal forma que el área de impacto considerada en esta sección es de alrededor de 1572 hectáreas. La descripción inicial del medio físico fue realizada considerando los principales patrones de los tipos clima y suelo, además de la cobertura vegetal a partir de información generada por fuentes oficiales (INEGI, 2004a; INEGI, 2004b; INEGI, 2004c).

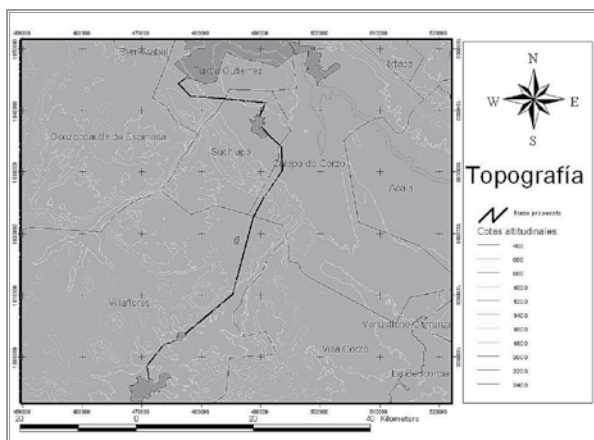


Figura 1 ■ Mapa topográfico donde se ubica el proyecto de estudio.

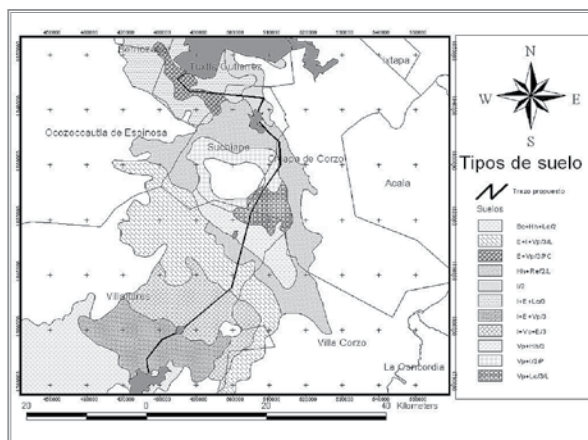


Figura 2 ■ Mapa de suelos del proyecto de estudio.

Tipo de suelo	Textura	Área (has)
Bc+Hh+Lc/2	Media	7
E+Vp/3/PC	Fina	183
E+I+Vp/3/L	Fina	96
I+E+Vp/3	Fina	195
Hh+Re/2/L	Media	249
I+Vc+E/3	Fina	207
I/2	Media	153
I+E+Lc/3	Fina	202
Vp+Hh/3	Fina	71
Vp+I/3/P	Fina	75
Vp+Lc/3/L	Fina	134
	Total	1572

Tabla 1 ■ Tipos de suelo que abarca el tramo carretero Tuxtla Gutiérrez-Villaflores.

La caracterización del paisaje abiótico fue basada principalmente a partir de un modelo hídrico obtenido a partir del cálculo de la dirección de flujo y posteriormente por la estimación del flujo acumulado. La dirección de flujo fue simulada numéricamente en un mapa raster en función de variables topográficas como la elevación, la orientación de la ladera y la pendiente, obtenidas del modelo digital de elevación

(1:250,000). La acumulación de flujo fue estimada también en un mapa raster obtenido a partir del producto de la dirección del flujo por la precipitación esperada según el tipo de clima encontrado en la zona donde se distribuye el proyecto. Para los subtipos de clima encontrados en la zona de estudio, templado húmedo, templado subhúmedo, semicálido, cálido-húmedo y clima húmedo-tropical-lluvioso fueron consideradas estimaciones de precipitación de 2,000, 1,000, 3,500, 1,500 y 4,000 mm anuales respectivamente. Finalmente, con los resultados obtenidos del modelo de escorrentías se combinaron con la delimitación de las microcuencas encontradas en la zona para generar un gradiente de baja, media y alta afectación al entorno.

RESULTADOS

En términos generales el trazo carretero abarca regiones con diferentes tipos de suelo, resultando predominantes el Litosol y Vertisol (ver fig. 2; tabla 1). El área que incluye el tramo carretero presenta un clima: tropical, donde predomina el tipo de clima cálido (ver fig. 3 y tabla 2). El 51% del trazo carretero se distribuye en vegetación secundaria de selva baja

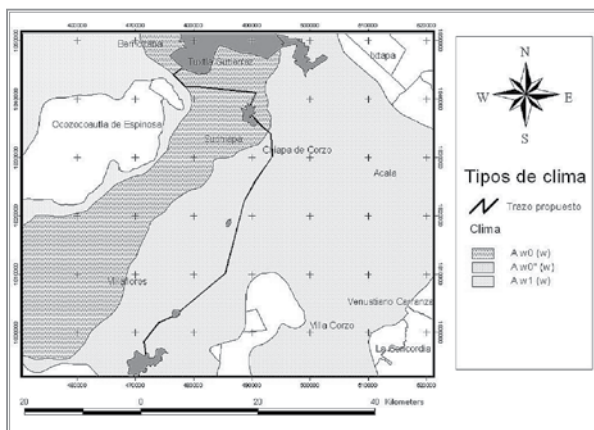


Figura 3 ■ Mapa de climas del proyecto de estudio.

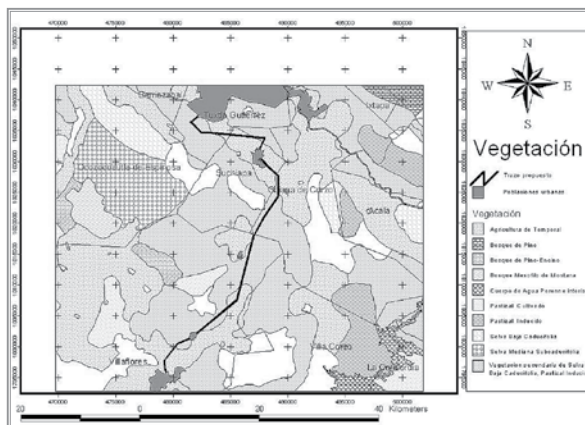


Figura 4 ■ Mapa de vegetación del proyecto de estudio.

Tipo de clima	Clave	Área (has)
Cálido subhúmedo	Aw0(w)	598
Cálido subhúmedo	Aw0''(w)	24
Cálido subhúmedo	Aw1 (w)	950
	Total	1572

Tabla 2 ■ Tipos de clima encontrados en el área que ocupa el tramo carretero Tuxtla Gutiérrez-Villafloraes.

Entidad	Áreas (has)
Agricultura de Temporal	746
Área Urbana	29
Selva-área pastizal	797
Total	1572

Tabla 3 ■ Tipos de clima encontrados en el área que ocupa el tramo carretero Tuxtla Gutiérrez-Villafloraes.

caducifolia, el 47% zonas de producción agrícola y el 2% atravesará por área urbana (ver fig. 4 y tabla 3). Debido a que los tipos de suelo encontrados sobre el trazo propuesto estuvieron constituidos de material no consolidado, el modelo de acumulación de flujo fue ponderado por el tipo de textura (media y fina) para obtener así el modelo que permite registrar puntos clave de zonas de afectación del proyecto a variables microclimáticas.

En la figura 5 se identifican cuatro segmentos, uno de baja afectación, uno de afectación media y los dos restantes de alta afectación, los segmentos de baja afectación ocupan el 11.4 %, mientras que el impacto medio y el alto ocupan el 14.8 y 73.8%

respectivamente del trazo propuesto (tabla 4). Los segmentos de baja afectación se encuentran en el municipio de Chiapa de Corzo, los de afectación media se encuentran en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, mientras que los de alta afectación se encuentran en los municipios de Suchiapa y Villafloraes.

Discusión

Los modelos de escorrentía son una herramienta útil para predecir y simular el flujo superficial (Perrin *et. al*, 2003). Los métodos de evaluación del flujo superficial pueden constituir una parte importante en el diagnóstico de la factibilidad de un proyecto, la delimitación de este factor físico permite reconocer las

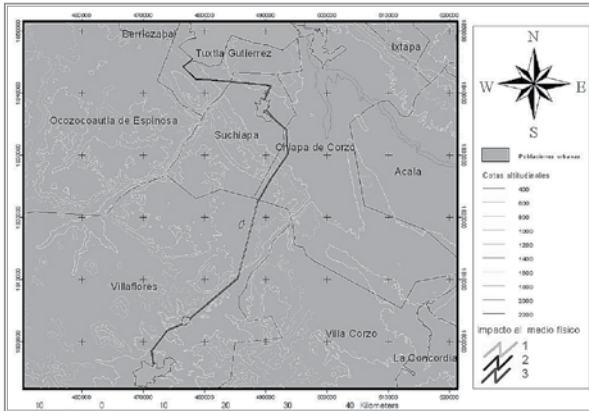


Figura 5 ■ Mapa de impacto al medio físico del proyecto de estudio.

afectaciones potenciales negativas para la operación y los alcances benéficos de la implementación de una carretera.

La aplicación de los SIG permitió obtener información útil de relativa fácil interpretación, la clasificación de afectación utilizada permitió identificar áreas críticas debido al impacto esperado por la red hídrica a un proyecto carretero. Particularmente, con la información obtenida no sólo se identifican áreas que requieren de la realización de obras civiles de captación y/o conducción de escorrentías pluviales, arroyos y ríos, sino que además requieren de un manejo del paisaje (restauración ecológica) para disminuir el impacto de la red hídrica en la operación del proyecto, particularmente, en las áreas identificadas bajo una alta y media afectación debido a las escorrentías.

Tramo	Longitud (Km)	Impacto
1	12.0	Medio
2	15.2	Alto
3	13	Bajo
4	29.8	Alto
Total	70	

Tabla 4 ■ Nivel de impacto de la hidrología al proyecto carretero Tuxtla Gutiérrez-Villaflora.

LITERATURA CITADA

CONESA FERNÁNDEZ, V. 1995. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ed. Mundi Prensa, Madrid, España.

DEWBERRY, S. Y L. DAVIS. 2008. *Land development handbook*. McGraw-Hill.

INEGI. 2004a. *Cartografía digital, 1:250000 E1511*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Distrito Federal.

INEGI. 2004b. *Modelo digital de elevación, 1:250000 E1511*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Distrito Federal.

INEGI. 2004c. *Ortofotos digitales, 1:50000 E1511*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Distrito Federal.

INEGI. 2005. *II Censo de Población y Vivienda*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Distrito Federal.

PERRIN, C., MICHEL, C. Y V. ANDREASSIAN. 2003. Improvement of a parsimonious model for streamflow simulaci3n. *Journal of Hydrology* 27:275-289.

SOLANO-L3PEZ M. 2006. *Evaluaci3n Ambiental.* Estudios de Factibilidad y Capital Natural. Negotium.

SEMARNAT. 2002. *NOM-059-SEMARNAT-2001.* *Protecci3n ambiental-especies nativas de M3xico de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusi3n, exclusi3n o cambio-lista de especies en riesgo.*

CORIA, I. 2008. El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. *Invenio* 11:125-135.



Construcción social de la vulnerabilidad por fenómenos naturales, caso San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México

Raúl González Herrera¹
Osiris Astrid Toledo Cruz¹
Iván Velasco Aguilar¹
Pedro Vera Toledo¹
Rodolfo Palacios Silva¹

RESUMEN

En este documento se expone la perspectiva del proceso social de construcción de riesgo por fenómenos naturales, evaluando el caso de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, en donde las condiciones de apropiación del suelo, conocimiento de la región por parte de los migrantes, las relaciones de poder construidas entre los distintos actores, la competencia de la autoridad, entre otras variables, se desarrollan distintos escenarios de riesgo, los cuales deben analizarse para encaminar a la ciudad a posibles alternativas de construcción de un nuevo modelo de desarrollo urbano.

Palabras clave: Construcción social de riesgo, vulnerabilidad social, fenómenos naturales.

ABSTRACT

This document shows the perspective of the social process of risk construction by natural phenomena, evaluating the case of the city of San Cristobal de Las Casas, where following the conditions of appropriation of the ground, of the knowledge of the region by the migrant ones, of the relations of being able constructed between the different actors, the performance of the authority, among others variable, different scenes from risk are developed, which

must be analyzed to direct to possible alternatives of construction of a new model of urban development.

Key words: Social construction of risk, social vulnerability, natural phenomena.

INTRODUCCIÓN

Enfoque social de los desastres: aclaraciones conceptuales

Durante muchos años se ha planteado la interrogante acerca de que si los desastres son naturales, pregunta que ha ocasionado una discusión que aún no termina. Los acontecimientos históricos han considerado que a esos sucesos se les contemplaba como naturales, cosmovisión que perduró hasta bien entrada la década de los ochenta (del siglo pasado), atribuyéndole el desenlace abrupto a los fenómenos geológicos, hidrometeorológicos, atmosféricos, entre otros; reconociéndose esa explicación como una visión fiscalista, dominante o tecnocrática (Toledo y Velasco, 2010).

Posterior a la década de los ochenta del siglo XX, durante el desarrollo de la teoría sobre desastres incorporó, gradualmente, los aportes de las Ciencias Naturales, las Ciencias Aplicadas (ingenierías) y las Ciencias Sociales, hasta llegar a conceptos y medios más holísticos (Cortés, 2008). Gran parte de la crítica

¹Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, 1ª Av. Sur Poniente No. 1460, Col. Centro, C.P. 29000 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Teléfono y Fax: (961) 125-6033; ingeraul@yahoo.com.

y consecuente robustecimiento de las nuevas teorías holistas de riesgo, se basaron en los paradigmas de la visión dominante, que consideran a los desastres como excepcionales, ajenos al desarrollo local y regional, con aislamiento temporal y espacial y sobredimensionando el quehacer del fenómeno natural por sobre la acción del hombre en un ecosistema.

Derivado de esto, las Ciencias Sociales partieron, en su replanteamiento de la teoría, de una consideración de los desastres como problemas no resueltos del desarrollo; “suponen que esos no obedecen, en su primera instancia, a los efectos de los fenómenos naturales, por tanto, los desastres son una combinación compleja de amenazas naturales y acciones humanas, donde no se puede establecer uno de los factores como determinante general. Por lo consiguiente, la vulnerabilidad social se mantiene como uno de los detonadores del desastre” (Cortés, 2008).

Asimismo, los desastres son definidos por la United Nations Disaster Relief Organization (UNDRO) como: “Todo evento concentrado en tiempo y espacio en el cual una comunidad sufre daños severos y tales pérdidas afectan a sus miembros y a sus pertenencias físicas, de forma tal que la estructura social se resiente a un nivel que se complica el desarrollo de las principales funciones de la sociedad” (Cortés, 2008).

“El desastre es la coincidencia entre un fenómeno natural o humano peligroso y determinadas condiciones vulnerables, y por tanto, existirá el riesgo de que ocurra un desastre cuando uno o más peligros se manifiesten en un contexto vulnerable” (La Red, 1995).

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) el desastre es: “una situación de daño desencadenada como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, socio natural o antrópico, que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en la estabilidad y condiciones de vida de la comunidad afectada. El daño de un desastre obedece a que el sistema y sus elementos no

están en capacidad de protegerse de la fuerza amenazante o de recuperarse de sus efectos” (CEPAL, 2005).

Por otro lado, Luis Dardo (2000) argumenta que desastre: “es un evento de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre que causa alteraciones intensas en las personas, los bienes, los servicios y el medio ambiente. Los desastres interrumpen las estructuras y las actividades comunitarias, alteran las condiciones normales de vida en un espacio geográfico determinado y requieren de especial atención por parte de los organismos del estado y de las entidades humanitarias nacionales e internacionales.”

De acuerdo con Romero y Makrey citados por Cortés (2008), un desastre es la correlación entre fenómenos naturales peligrosos (como un terremoto, un huracán, un maremoto, etcétera) y determinadas condiciones socioeconómicas y físicas vulnerables (como situación económica precaria, viviendas mal construidas, tipo de suelo inestable, mala ubicación de la vivienda, etcétera).

En este marco, “un desastre ocurre cuando un considerable número de personas experimenta una catástrofe y sufre daño serio y perturbación de su sistema de subsistencia, de tal manera que la recuperación es improbable sin ayuda externa; entendiéndose la recuperación de una manera holística, es decir, en los ámbitos psicológico, físico, de recursos, de relaciones sociales, laborales y familiares” (Blaikie y otros, 1996).

La visión social de la vulnerabilidad

Los desastres naturales constituyen el detonador de una situación social, económica y políticas críticas previamente existentes. “Los fenómenos naturales juegan un rol muy importante como indicadores del desastre, pero no son la causa. Ésta es de naturaleza múltiple y debe buscarse fundamentalmente en las características socioeconómicas y ambientales de la región impactada” (García, 1994).

De acuerdo con la concepción anterior y lo analizado arriba, entendemos que la parte de amenaza ca-

racterizada por el fenómeno natural es una situación compleja a determinar, pero, hasta cierto punto, puede ser determinada e incluso acotada a espacios físicos al realizar estudios experimentales e históricos del comportamiento del entorno. Sin embargo, la parte de la acción humana es un proceso complejo para ser estudiado por los métodos tradicionales, por lo cual requiere una atención especial para definir su participación como detonante del desastre. A continuación se presentan una serie de definiciones que parten de esta concepción holística que propone la vulnerabilidad social para el entendimiento del riesgo.

Vulnerabilidad desde el punto de vista general, puede definirse como la probabilidad de que una comunidad, expuesta a una amenaza natural, según el grado de fragilidad de sus elementos (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta, desarrollo político-institucional y otros), pueda sufrir daños humanos y materiales. La magnitud de esos daños, a su vez, también está relacionada con el grado de vulnerabilidad (Gascón, 2005).

Para H. Herzer, citado por Dardo (2000), “los desastres se vinculan a la vulnerabilidad de un sistema social, y éste tiene que ver con la acción humana del manejo correcto o incorrecto de los recursos. La pobreza en zonas de riesgo, las economías capitalistas de ganancias en plazos mínimos, el deterioro de la infraestructura física y de la calidad de vida, son ejemplos de vulnerabilidad”.

Por otro lado, Vargas, citado por Cortés (2008), interpreta a la vulnerabilidad como “la disposición interna a ser afectado por una amenaza. Y expresa que si no hay vulnerabilidad, no hay destrucción o pérdida, por tanto la vulnerabilidad, bien puede ser definida como la propensión interna de un ecosistema o de algunos de sus componentes a sufrir daño ante la presencia de determinada fuerza o energía potencialmente destructiva”.

Piers Blaikie y otros (1996), entienden como *vulnerabilidad* “las características de una persona o grupo

desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural. Implica una combinación de factores que determinan el grado hasta el cual la vida y la subsistencia de alguien quedan en riesgo por un evento distinto e identificable de la naturaleza o de la sociedad.”

Quarantelli (1981) indica que la *vulnerabilidad*, tras un evento, reclasifica a la sociedad, es decir, que los estratos sociales más bajos y más vulnerables se vuelven aún más vulnerables, mientras que para estratos altos, los desastres pueden ser –incluso– una posibilidad de desarrollo de capacidades, tanto técnicas como económicas y por ende de reducir su vulnerabilidad. Podemos señalar que la vulnerabilidad tiene una escala temporal, es decir, no se mantiene constante, y la fotografía que tomamos en un momento representa un instante, y si ésta es analizada posteriormente, nos mostrará algunos cambios significativos en caso de presentarse algún fenómeno natural.

La *vulnerabilidad*, a lo aquí dicho, puede ser evaluada a partir de condiciones como: clase social, casta, etnicidad, género, discapacidades, edad, estatus, sexo o religión, dentro de un mismo grupo social o región, hay personas más vulnerables, como pueden ser los niños y los adultos mayores. Para ciertas culturas las mujeres son más vulnerables por una condición religiosa, por lo que analizar la vulnerabilidad debe ser un proceso de construcción de las relaciones de poder, laborales, culturales, religiosas y sociales que se establecen entre los miembros de la comunidad o de la región estudiada.

Anderson y Woodrow, citados por Blaikie y otros (1996), señalan que el término de capacidad es lo opuesto a vulnerabilidad, es decir, habilidad para proteger la comunidad, el hogar y la familia, y así restablecer los medios de vida o subsistencia, lo cuales incluyen: Información del contexto regional, conocimiento cultural, establecimiento de redes sociales y

de derechos legales, herramientas y equipos, tierra y recursos físicos.

Existe una condición voluntaria e involuntaria del riesgo, determinada por la posibilidad de ser consciente de que te encuentras en él y poder cambiar o no el espacio de desarrollo. Sin embargo, una persona de recursos económicos limitados y alta vulnerabilidad tiene todo su mundo en ese pequeño espacio, por lo que su reubicación tras un desastre es casi imposible, encontrándose que –en caso de sobrevivirlo –intentará reconstruir su vida sobre las ruinas de lo dañado, derivado de la imposibilidad de establecer a corto plazo nuevas relaciones sociales y de producción, las cuales están asociadas al espacio siniestrado, de allí que los desastres reclasifican la vulnerabilidad, al vulnerable lo muestran aún más vulnerable y viceversa.

Cuando una amenaza o peligro se suscita, no importando su origen, no sólo se modifica la vulnerabilidad física de la construcción, si no la suma de dos o más tipos de afectaciones, por ejemplo; en una sismo intenso se suman la *vulnerabilidad física* (por el tipo de construcción de las edificaciones), *vulnerabilidad educativa* (la información necesaria para enfrentar una sismo), *vulnerabilidad institucional* (la capacidad de el Estado de enfrentar un desastre), la *vulnerabilidad social* (que podría ser la capacidad de organización de los grupos para reestructurarse), *la económica* (la capacidad de adquisición de insumos para satisfacer necesidades básicas como la alimentación), etc. En fin, saber cuan vulnerables estamos, ya que se ha transformado en una necesidad para reducir los riesgos; entonces el conocimiento se vuelve básico para reducir nuestras vulnerabilidades y con esta, los daños que pudiéramos sufrir.

La *vulnerabilidad* debe ser entendida no sólo como un factor de riesgo interno, sino, como la relación con el nivel de exposición o susceptibilidad física de los edificios y la infraestructura, potencialmente afectados, pero sobre todo, considerar la fragilidad social

y la falta de resiliencia (termino extraído de la física y que se refiere a la capacidad de una población de recuperarse tras un desastre) de la comunidad expuesta.

Estudio de caso de construcción social de riesgo en san cristóbal de las casas, chiapas

Aspecto físico natural de la zona de estudio

La ciudad de San Cristóbal de Las Casas es una de las más bellas en la entidad chiapaneca, caracterizada por sus verdes paisajes y clima agradable, aunque extremoso en ciertos momentos. Asentada en un valle a una altura superior a los 2,000 metros sobre el nivel del mar, es actualmente la capital cultural de Chiapas. La belleza de la ciudad colonial no la exenta de ser susceptible a las amenazas de la dinámica natural, ejemplo de ello son las constantes inundaciones propiciadas por las precipitaciones pluviales que al unirse la vulnerabilidad de los habitantes del valle, han desencadenado severos desastres y daños perjudicando a los más vulnerables (Toledo y Velasco, 2010). La última inundación corresponde a los últimos días del mes de septiembre de 2010.

La ciudad de San Cristóbal de Las Casas se encuentra ubicada en el valle de Hueyzacatlán que cubre una superficie de 3,349.8 hectáreas, ubicada en la zona de Los Altos de Chiapas. La ciudad se sitúa a 16° 44' de latitud norte. Esa ciudad se encuentra asentada en una cuenca, perteneciente a la región XI Frontera sur, según la Comisión Nacional del Agua (CNA). El agua de la cuenca endorreica¹ tienen una salida subterránea desembocando varios kilómetros después a las faldas del río Grijalva. Antonino García suele llamarle al aspecto geográfico del valle como: “Polje San Cristóbal Teopisca, es decir, dentro de éste Polje² está la cuenca hidrológica de San Cristóbal de Las Casas” (García, 2005).

El territorio de San Cristóbal de Las Casas se caracteriza por ser un valle rodeado de cerros, lomas y conos volcánicos; aunados a ser un área boscosa y

por ende tener fuerte precipitación pluvial que incide en el crecimiento de los niveles fluviales de sus fuentes hídricas, lo que genera amenaza de tipo hidrometeorológica (inundaciones históricas de la ciudad), poniendo en riesgo a las familias asentadas en los lechos de los ríos Amarillo y Fogótico principalmente (Toledo y Velasco, 2010).

La geología del valle de San Cristóbal son sedimentos clásicos del cuaternario sobre calizas del cretáceo inferior y superior. La geoforma son poljes o valles cerrados de fondo horizontal, donde la pendiente varía desde 0 hasta 5%, con bordes escarpados. En cuanto a hidrología tiene un drenaje subterráneo; sin embargo, se presentan pequeñas corrientes superficiales que al no encontrar salida y, por un drenaje lento, propician la formación de áreas temporalmente inundables (Toledo y Velasco, 2010).

Metodología de trabajo

Para este trabajo se desarrolló una serie de 86 entrevistas basadas en la encuesta de vulnerabilidad social propuesta por el Cenapred (2006), que es básicamente cuantitativa, adicionalmente se buscó conocer las diferencias entre la vulnerabilidad de cada colonia considerando aspectos cualitativos, para lo cual se presenta una modificación y síntesis en un grupo de preguntas que se muestran en los párrafos siguientes y que se aplicó en cinco colonias de San Cristóbal de Las Casas que presentaban distintas condiciones del peligro por fenómenos naturales. Estas entrevistas se desarrollaron durante los meses de abril y mayo del 2010. Las zonas donde se desarrolló el trabajo de campo son:

- Colonia 10 de abril, mejor conocida como Salpuedes (asentamiento irregular), donde se extraen materiales pétreos para la elaboración de bloques de concreto para construcción.
- Colonia Paraíso y La Florida, las cuales representan dos colonias irregulares establecidas en zonas de humedales, lo cual representa posibilidades constantes de inundaciones.
- Colonia Las Delicias, la cual a pesar de ser una colonia regular, tiene riesgos asociados al vandalismo, delincuencia y deslizamiento de laderas.
- Barrio Guadalupe, ubicado en la zona centro, lejos de las inundaciones y de los deslizamientos de laderas; sin embargo, con vulnerabilidad “institucional” por las políticas del Instituto Nacional de Antropología e Historia (IHNA).

Posterior a las entrevistas que desarrollaron los alumnos del diplomado Identificación del Peligro, la Vulnerabilidad y la Gestión del Riesgo ante Fenómenos Naturales que se desarrolló en las Instalaciones del Programa de Investigaciones Multidisciplinarias sobre Mesoamérica y el Sureste (Proimmse), en el periodo de abril a julio de 2010. Dicha actividad correspondió al módulo de vulnerabilidad física y social. El cuestionario quedó establecido con las siguientes preguntas:

- ¿A qué fenómenos naturales está expuesta la comunidad?
- Históricamente, ¿cuáles han sido los desastres en su comunidad?

¹Cuenca endorreica: depresión topográfica menos profunda que un valle en la que las aguas se concentran en un río y esas se precipitan al interior del terreno sin que tengan salida directa al mar. Fuente: Diccionario Enciclopédico, El pequeño Larousse ilustrado, ediciones Larousse, México, 2006, p. 387.

²El Polje: es una depresión extensa de fondo plano y dimensiones kilométricas, cerrada por vertientes escarpadas. Teóricamente es una úvala de grandísimas dimensiones. En un polje existen formas kársticas menores: úvalas, dolinas y lapiaces. Debido a las grandes dimensiones de los poljes sobre ellos se desarrolla una red hidrográfica, pero se trata de una depresión cerrada, así que para evacuar las aguas deben de tener un sumidero que da acceso a un río subterráneo. El entorno de ese sumidero suele ser una zona pantanosa, ya que en épocas de grandes lluvias se puede inundar. Todo depende del tamaño del sumidero y de las lluvias que caen. Fuente: <http://geografia.laguia2000.com/relieve/el-relieve-karstico>.

- El barrio o comunidad, ¿es más vulnerable que antes? ¿Cómo se explica eso?
- ¿Qué elementos sociales considera favorecieron a que el barrio o comunidad sea vulnerable?
- ¿Cuáles serían las causas de fondo de la vulnerabilidad?
- ¿Desde hace cuánto tiempo se instalaron?
- ¿Por qué se instalan en esta zona? [buscando empleo, servicios, etcétera].
- ¿De dónde procedían?
- ¿Cuál es el estatus de su terreno? [rentado, ocupado, comprado, propiedad comunal, en trámite, ilegal]
- ¿Con qué servicios cuentan? ¿Qué acceso tienen a los recursos naturales?
- Si su casa se inunda o daña, ¿qué hacen? ¿Con quiénes van?
- ¿Confían en Protección Civil? Sí, no, ¿por qué?

La encuesta se trabajó mediante un análisis del discurso apoyado en las categorías propuestas por Wilches-Chaux (1993), retomando los datos cualitativos de la encuesta y reforzado con el contexto histórico de la región, tras el desarrollo de investigaciones de inundaciones históricas de la ciudad, como el desarrollado por Toledo y Velasco (2010).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Colonia 10 de abril (Salsipuedes)

La colonia 10 de abril, mejor conocida como Salsipuedes se ubica al Sureste de la ciudad, a 16°43'03 49" N., 92°37'37 03" O. y a 2,131 msnm (ver figura 1a y 1b). Fue fundada en 1994 por grupos de desplazados por el fenómeno de conflicto religioso e impulsada por los desplazamientos de militantes zapatistas, quienes provenían de los municipios de Huixtán y Oxchuc. Su población actual es de aproximadamente de 100 habitantes, en su mayoría hablantes de una lengua indígena.

A pesar del paso del tiempo sus habitantes no han podido regularizar el estatus de ocupación de su colo-

nia, manteniendo una condición de irregular, lo que influye en la carencia de algunos servicios que reducen las posibilidades de acceso a los servicios de agua y drenaje de manera regular, con todo lo que ello implica relacionado a riesgos sanitarios, así como el alumbrado público, el servicio de limpia y la seguridad pública.

Al indagar sobre el nivel de percepción de riesgo, los habitantes de la colonia consideran que la exposición al polvo es la que les produce mayores riesgos, por la afectación a la salud de los habitantes, no perciben la idea de los niveles de exposición como un impulsor del riesgo (posición física de las viviendas y sus habitantes respecto a la amenaza). Otro elemento importante es que el lugar está expuesto a fenómenos naturales como lluvias, remoción de masas y sismos, pero los habitantes aseguran que no se sienten amenazados por estos, ya que son imperceptibles y no hay registro de algún desastre en la zona.

Una situación interesante de análisis representa el que los habitantes se sienten limitados al no poder recoger leña, es decir, un grupo que tiene una línea cercana al poder político puede explotar un banco y contaminar la zona, mientras que el grupo de habitantes que la habitan y sufren de la contaminación generada no puede explotar otros recursos, aunque lo consideremos racional o no. Adicionalmente se sienten amenazados por el próximo establecimiento de una gasolinera cerca de la colonia. Actualmente el banco está en proceso de clausura según lo reportaron autoridades de Semarnat y Profepa.³

Respecto a las viviendas, éstas son de material precario (véase la figura 2) con una vulnerabilidad física importante, A y B (muy alta y alta) respecto a la Escala Macrosísmica Europea modificada Arellano y otros (2003) y entre seis y diez según la de Cenapred (2006), las cuales son más afectadas por las explosiones que se realizan para la extracción de agregados y donde se observa el hecho del hacinamiento, lo que



a. Imagen tomada de *google earth* en mayo de 2010, donde se observa las condiciones espaciales de la colonia.



b. Croquis de ubicación de la colonia 10 de abril conocida como Salsipuedes.

Figura 1 ■ | Croquis y fotografía que permite conocer las características espaciales de la colonia 10 de abril.



Figura 2 ■ | Características de las viviendas de la colonia 10 de abril (Salsipuedes).

conlleva una serie de problemas sociales adicionales. Existe una unión vecinal, no obstante su relación con la autoridad es limitada, incluso con instancias como Protección Civil, hay niveles de desconfianza ya que los consideran policías.

Colonia El Paraíso y La Florida

Las colonias El Paraíso y La Florida se encuentran ubicadas al norte poniente de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas (ver figura 3). La primera se fundó hace aproximadamente 40 años y la segunda hace 16 años, con habitantes fundamentalmente de diversas regiones de Los Altos de Chiapas, aunque son heterogéneas en su tejido social. Las colonias colindan al sur con la colonia Patria Nueva, al poniente con la colonia Bosques del Pedregal, al norte con el periférico norte y la colonia San Juan del Bosque, y al oriente entre ellas y con un humedal. La colonia Paraíso cuenta con un módulo de atención a la salud, y espacios recreativos y de educación básica, como canchas y guarderías. Esta como La Florida tiene la característica de estar situadas a un

³Milena Mollinedo Agencia de servicios informativos de Chiapas, <http://www.asich.com/index.php?itemid=38901&catid=1>, consultado el 6 de julio de 2010.

costado de un humedal, en donde generalmente corren las aguas de origen pluvial.

El fraccionamiento es regular, aunque no siempre lo fue, ya que unos lotes fueron invadidos y hace pocos años regularizados, aunque aún hay algunos irregulares. Cuentan con todos los servicios como acceso al agua, drenaje y energía eléctrica, así como alumbrado público, el servicio de limpia y la seguridad pública. No obstante con el tiempo el crecimiento de la mancha urbana en esta zona que era de amortiguamiento ha ocasionado problemas a sus habitantes.

Los habitantes de la colonia consideran que la exposición a las inundaciones y la delincuencia son sus mayores riesgos, éstos los ubican muy bien, ya que están expuestos a ellos con bastante frecuencia, incluso asumen que el riesgo ha aumentado a medida que hay más construcciones cercanas al humedal y que se disminuyen las áreas de infiltración.

Existe una sólida asociación vecinal y con cierta cercanía a algunas administraciones políticas (no con la actual), sin embargo, ambas colonias han mejora-

do su infraestructura urbana con el paso del tiempo y con ello han buscado reducir el riesgo e incrementar su calidad de vida. La mayoría de la población se dedica al magisterio indígena, otros al sector terciario y al comercio informal. La población profesa la religión católica y evangélica, con un predominio de la segunda. La población en general simpatiza con el Partido Revolucionario Institucional.

Respecto a las viviendas son de material precario y algunas otras de materiales convencionales, las cuales han sido construidas por empresas desarrolladoras de vivienda (véase la figura 4) con una vulnerabilidad física intermedia y muy alta, desde A y hasta C (muy alta, alta y media) respecto a la Escala Macrosísmica Europea modificada Arellano y otros (2003) y entre tres y diez según la de Cenapred (2006). Hay poca relación con instancias como Protección Civil, pero están muy agradecidos con los bomberos.

Colonia Las Delicias

La colonia Las Delicias se encuentra ubicada en las orillas de la ciudad hacia la salida a San Juan Chamula (ver figura 5). Se fundó hace aproximadamente



a. Imagen tomada de *google earth* en mayo de 2010, donde se observa las condiciones espaciales de las colonias El Paraíso y La Florida. b. Croquis de ubicación de las colonias El Paraíso y La Florida.

Figura 3 ■ | Croquis y fotografía que permite conocer las características espaciales de las colonias El Paraíso y La Florida.



Figura 4 ■ | Características de las viviendas de las colonias: 4a La Florida y 4b El Paraíso.

40 años, con habitantes fundamentalmente de diversas regiones de Los Altos de Chiapas, aunque son heterogéneas en su tejido social.

El fraccionamiento tiene un estatus regular, cuentan con todos los servicios: acceso al agua, drenaje y energía eléctrica, así como alumbrado público, servicio de limpieza y la seguridad pública. Relacionado al nivel de percepción de riesgo, los habitantes de la colonia consideran que la exposición a la delincuencia, la lejanía del centro y la falta de atención de las autoridades son su mayor riesgo (ver figura 6a), no obstante por las condiciones físicas los deslizamientos de ladera son también críticos (ver figura 6b). Existe una sólida asociación vecinal, aunque los líderes, no tienen cercanía con la estructura de poder.

Respecto a las viviendas son de material precario (véase la figura 6b) con una vulnerabilidad física importante, A y B (muy alta y alta) respecto a la Escala Macrosísmica Europea modificada Arellano y otros (2003) y entre seis y diez según la de Cenapred (2006). Su relación con la autoridad es limitada, incluso con instancias como Protección Civil, hay niveles de desconfianza ya que los consideran policías.

Barrio Guadalupe

El Barrio Guadalupe se encuentra ubicado en el centro de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas (ver figura 7), con coordenadas $16^{\circ} 44' 18.70$ N y $92^{\circ} 37' 34.38$ O, a 2162 msnm. Se fundó hace aproximadamente 130 años, con habitantes fundamentalmente de diversas regiones del estado de Chiapas, aunque actualmente sus habitantes conforman un heterogéneo tejido social.

Algunas casas han sido remodeladas con obras ingenieriles actuales, pero la mayoría no recibe mantenimiento, algunos de estos edificios datan de 1880, lo que los hace vulnerables ante sismos y movimiento del terreno. Aunado a esto, también repercuten en su estabilidad: el tránsito vehicular, lluvias y vientos. El día 17 de junio de 2010 sobre la calle real de Guadalupe, se presentó la caída de techos de dos casas, según comentaron los vecinos (ver figura 8).

Relacionado al nivel de percepción de riesgo, los habitantes de la colonia consideran que la exposición a la delincuencia y las constantes lluvias son su mayor riesgo, no obstante por las condiciones físicas los sismos son también críticos (ver figura 8b). Lo anterior se debe a que con el paso del tiempo las construcciones se han deteriorado, el INAH con sus excesivas regulaciones no hace atractivo para los herederos de las construcciones él restaurarlas,



Figura 7 ■ | Croquis que permite conocer las características de ubicación del Barrio Guadalupe.

cala Macrosísmica Europea modificada Arellano y otros (2003) y entre seis y diez según la de Cenapred (2006). Los habitantes confían en instituciones como Protección Civil.

CONCLUSIONES

Las colonias y barrios estudiados en San Cristóbal de Las Casas permiten entender cómo, a través de procesos de conformación y apropiación de un espacio, se construyen diferentes concepciones de riesgo, no necesariamente asociados a la naturaleza. Desde ese punto de vista los riesgos son socialmente contruidos, las capacidades de organización y líneas que se entrelacen con las autoridades permiten que una comunidad con problemas semejantes como La Florida y El Paraíso, tengan distintas capacidades para enfrentar riesgos similares.

En el Barrio de Guadalupe se presenta una vulnerabilidad física asociada a las políticas de una dependencia pública, ya que en pro de conservar la imagen de la ciudad colonial, se limita a la rehabilitación estructural de las construcciones a técnicas que pueden ser muy costosas y por tanto, desechadas o a otras cuyos resultados no necesariamente permiten el mejor comportamiento frente a sismos. Todo lo anterior nos permite hacer las siguientes reflexiones:

La visión dominante de los desastres hace una simplificación de los distintos elementos constituyentes de la ecuación del riesgo, considerando a la vul-



Figura 8 ■ | Características de las viviendas de la colonia y colapso de cubierta en la calle real de Guadalupe.

nerabilidad física (calidad de la construcción) como el elemento clave para reducirlo, siempre y cuando se hubiera estudiado adecuadamente el peligro, determinando, ya sea probabilística o determinísticamente, su magnitud en el tiempo. Sin embargo, los distintos desastres presentados en el mundo han develado las falencias y limitaciones que esta visión tiene para explicarlos.

Una estimación más realista del riesgo requiere un enfoque multidisciplinario que no sólo considere el daño físico que puede esperarse, o en estudios más avanzados el número de muertos, la pérdida de operación de la infraestructura e instalaciones, los costos directos e indirectos asociados al fenómeno natural directo, y los asociados indirectamente, sino también los aspectos sociales, relacionados con el desarrollo de las comunidades y sus distintas capacidades para enfrentar dicho fenómeno, los modelos de desarrollo estructurados por las autoridades en esa región, así como las sinergias negativas y la descontextualización histórica del desarrollo social.

La ausencia o falta de penetración social de organizaciones comunitarias, una débil preparación para la respuesta a la emergencia, la inestabilidad política, la migración y la descontextualización de una realidad regional y una economía débil en un área geográfica determinada, contribuyen a aumentar el riesgo. Las consecuencias potenciales negativas no sólo están relacionadas con los efectos de los eventos peligrosos, sino también con la capacidad para absorber los efectos y el control de sus implicaciones en un área geográfica dada. Por lo anterior, podemos afirmar que solo con una visión holística del riesgo podemos alcanzar una comunidad menos propensa para los desastres.

LITERATURA CITADA

ARELLANO E., H. JUÁREZ, A. GÓMEZ, J. LARA y E. SÁNCHEZ. 2003. *Caracterización y clases de vulnerabilidad de edificaciones de la colonia Roma, Ciudad de México.* Memorias XIV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, León, Guanajuato, México.

BLAIKIE P., T. CANNON, I. DAVIS Y B. WISNER. 1996. *Vulnerabilidad, el entorno social, político y económico de los desastres.* Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, <http://www.desenredando.org>.

CENAPRED. 2006. *Guía básica para la elaboración de Atlas estatales y municipales de peligros y riesgos.* Evaluación de la vulnerabilidad física y social. Serie Atlas Nacionales de Riesgo, México, D.F.

CEPAL. 2005. *Revista de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe.* Santiago de Chile, Chile.

CORTÉS M. A. 2008. *Poblaciones vulnerables frente a amenazas naturales. Caso de estudio, delegación La Magdalena Contreras, Distrito Federal, México.* Tesis de Maestría en Población y Desarrollo, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, México.

DARDO J. 2000. *Los desastres naturales, necesidad de una educación preventiva,* Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Filosofía y Letras, Departamento de Geografía, Argentina.

GARCÍA A. 2005. *La gestión del agua en la cuenca endorreica de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México,* Universidad Autónoma Chapingo, México.

GARCÍA V. 1994. *Estudios históricos sobre desastres naturales en México,* CIESAS, primera reimpresión, México.

GASCÓN M. 2005. *Vientos, Terremotos, Tsunamis y Otras Catástrofes Naturales, historia y casos Latinoamericanos*, Edit. Biblos, Buenos Aires, Argentina.

LA RED 1995. “Red de estudios sociales en Prevención de desastres en América Latina”. www.desenredando.org

QUARANTALLI, E.L. 1981. *Planning in disasters: Small and great - Past, Present and Future*. American Red Cross, Estados Unidos.

TOLEDO A. Y VELASCO I. 2010. *Entre las aguas y las epidemias: Las inundaciones en Chiapas, 1878-1940*. Tesis de la Licenciatura en Historia, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

WILCHES-CHAUX, G. 1993. *La Vulnerabilidad Global en Los desastres no son naturales*. Andrew Maskrey (comp). La RED www.desenredando.org.



Manejo de biogas y lixiviados en rellenos sanitarios del centro de México, un panorama general

Hugo Alejandro Nájera Aguilar¹
J. Manuel Gómez Ramos¹
Carlos García Lara¹
Rubén Gutiérrez Hdez.²
Ma. Neftalí Rojas Valencia³

RESUMEN

Se presenta un panorama general del manejo que se le da al biogas y lixiviados en tres de los principales rellenos sanitarios del centro de México -Bordo Poniente, Tecámac y Tlalnepantla de Baz-. En cuanto al biogas, no se realiza un aprovechamiento adecuado como alternativa para la generación de energía, lo que se hace es el quemado de los mismos a pesar de las altas cantidades de basura que se disponen en los tres sitios -mayor a 1000 ton/d- y que justifican su aprovechamiento. Para el caso de los lixiviados, sólo una fracción es sometida a un tratamiento real. La "tecnología" empleada en la mayoría de ellos es con base en lagunas de evaporación y sistemas de recirculación, que en su mayoría son deficientes y cuestionables por los problemas de salud que puede representar para los trabajadores.

Palabras clave: Biogas, lixiviados, relleno sanitario.

ABSTRACT

This manuscript is an abstract on the handling of the biogas and leached in 3 Landfills of the center of Mexico -Bordo Poniente, Tecámac and Tlalnepantla of Baz -.Studies are had for the appropriate use as alternative for the energy generation by biogas, at the present time alone it is burn. In the case of leached, alone a fraction is subjected to an appropriate treatment. The "technology" used is evaporation lagoons and recirculation systems, which is questionable because represent risk to the environment.

Key words: Biogas, leachates, landfill.

INTRODUCCIÓN

En México las prácticas más comunes para disponer los residuos sólidos urbanos o municipales en el suelo son: Tiradero a Cielo Abierto (TCA), Relleno Controlado (RC), Relleno Sanitario (RS) y Relleno Metanogénico (RM) o biorreactor.

Un TCA consiste en verter los residuos directamente al suelo en forma diaria sin cubrirlos con tierra. Esta práctica no es adecuada debido a los problemas sanitarios y ambientales que provoca, pero es la más utilizada en el país por ser la más económica y fácil de operar para los municipios; la mayoría de los TCA son clandestinos, ocupan cañadas, caminos,

¹Escuela de Ing. Ambiental UNICACH
Lib. Nte. Pte. 1150. Col. Lajas Maciel. Tel. (961) 12 56033
E-mail: hnajera72@hotmail.com

²Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica
Instituto Tecnológico de Tapachula.

³Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ingeniería, C.U. nrov@pumas.iingen.unam.mx

lotes baldíos y cuerpos de agua, pueden ser familiares o municipales. Por su diversidad e irregularidad no se tiene un registro de la mayor parte de ellos.

Un RC es un sitio inadecuado de disposición final que cumple con las especificaciones de un relleno sanitario en cuanto a obras de infraestructura y operación, no obstante, no cumple con las especificaciones de impermeabilización ni con las condiciones y requerimientos técnicos conforme las disposiciones legales y sanitarias vigentes estipuladas en la NOM-083-SEMARNAT-2003. El Instituto de Estadística, Geografía e Informática (INEGI 2010), reporta 23 de este tipo hasta el año 2006.

Mientras que un RS es una obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los RSU y de manejo especial, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructura adicional, los impactos ambientales al entorno. Un relleno de este tipo debe de cumplir cabalmente con la normatividad mencionada anteriormente. El INEGI reporta 104 hasta el año 2006 en la república mexicana (INEGI, 2010).

Finalmente, la tecnología del RM aunque es muy semejante a la del RS convencional, conlleva como requerimiento obligatorio, la recirculación de lixiviados previamente inoculados con agentes enzimáticos; lo cual permite acelerar el proceso de descomposición en su etapa metanogénica, aumentar el tiempo de retención celular y reducir las necesidades de estabilización de los residuos. Al respecto, la experiencia a nivel nacional es aún limitada, no hay suficiente información que permita determinar la factibilidad técnica y económica para su implementación y, en algunos casos, los resultados han sido poco alentadores.

En común en la operación de todos los sitios mencionados anteriormente se generan principalmente dos tipos de emisiones: las gaseosas compuestas principalmente por metano y bióxido de carbono; y las líquidas, constituidas por los jugos que provienen de

desechos heterogéneos en composición y arrastran todo tipo de contaminantes, muchos de ellos en concentraciones elevadas, por lo que son catalogados como uno de los residuos más complejos y difíciles de tratar (Luna *et al*, 2007). En general, estos desechos líquidos son conocidos como lixiviados y se caracterizan por contener concentraciones elevadas de contaminantes orgánicos e inorgánicos, incluyendo ácidos húmicos, nitrógeno amoniacal y metales pesados, así como sales inorgánicas y una gran variedad de microorganismos existentes en la biomasa de los residuos sólidos (López y Peralta, 2005; Wiszniowsky, 2006).

Dada la peligrosidad de estos líquidos, a su potencial capacidad de migración y de contaminación hacia el subsuelo y a fuentes de agua de los alrededores, siempre revestirá gran importancia el manejo que de ellos se haga. Así, en el presente documento, se pretende dar un panorama general de lo que se realiza tanto con los lixiviados como con el biogas generado en algunos de los principales rellenos sanitarios, debido a la cantidad de basura que reciben -arriba de 1000 ton/día-, ubicados en el centro de México, teniendo en cuenta que la problemática por el manejo de los lixiviados depende en gran medida, de la cantidad de basura que ingrese al sitio y de la infiltración del agua (la cual a su vez está en función de al menos tres variables: precipitaciones pluviales, cubierta intermedia y final y evaporación-*evapotranspiración*).

En cuanto a la producción de biogas, esto va a depender, principalmente de la composición de los residuos dispuestos, de su nivel de compactación, del contenido de humedad, de la edad de los residuos, de las condiciones climatológicas y de operación, entre los principales. Por lo general, la masa de residuos en los sitios de disposición final, presentan un alto contenido de materiales orgánicos (arriba del 50%) y la humedad suficiente, para que bajo condiciones anaeróbicas se favorezca la generación de grandes cantidades de gas metano (Rivera y Sarmiento, 2006),

principalmente durante los primeros 5 años de haber sido dispuestos. Así mismo, se puede decir que el metano es el principal constituyente en el biogas, el cual tiene características de flamabilidad, pudiendo formar mezclas explosivas con el aire, en concentraciones del 5 al 15%.

MANEJO DE LIXIVIADOS EN LOS RELLENOS SANITARIOS

Desafortunadamente, en países como México, el tratamiento practicado a los lixiviados cuando éste se lleva a cabo, es cuestionable, con la utilización de tecnologías como son la evaporación y recirculación no adecuada. La acción de utilizar la evaporación y recirculación de los lixiviados a plataformas en celdas de basura como sistema de tratamiento, se encuentra en discusión dada la generación de aerosoles y de otros compuestos peligrosos con la subsecuente exposición de los trabajadores, además de otros impactos negativos tales como posibles daños a la vegetación (Gray *et al.*, 2005), a lo que se sumarían los problemas por la sobreproducción de lixiviados para la época de lluvias (Castillo *et al.* 2006), además de demandarse superficies considerables. Por ello, así como se lleva a cabo en países europeos, es necesario proporcionar tratamientos adecuados a los lixiviados, como los utilizados en las aguas residuales convencionales -sistemas biológicos o fisicoquímicos-. Su éxito en el país radica en que son sistemas relativamente fáciles de operar, sin embargo, el uso de los mismos cada vez es más cuestionable, sobretodo el relacionado con el sistema de evaporación por lagunas, por los argumentos ya mencionados.

Hasta el año 2006, en el territorio nacional existían alrededor de 104 rellenos sanitarios, para el 2008 la SEMARNAT registra 262. Sin embargo la mayoría cumple parcialmente con la normatividad ya que sólo el 34 % del total cuentan con laguna de evaporación. En el resto, los lixiviados escurren libremente pudiendo contaminar cuerpos de agua de los alrededores (INEGI, 2010; Rojas, 2009).

Dentro de los rellenos sanitarios que cuentan con laguna para la evaporación de los lixiviados y recirculación de los mismos a estratos de basura y plataformas de celdas, se tienen los de las ciudades de Mérida, Durango, Nuevo Laredo, Tamaulipas, Puebla, León, Guanajuato, Aguascalientes, Monterrey, rellenos conurbados del Estado de México Tlalnepantla, Bordo Poniente, Tecámac, Naucalpan, entre los principales.

De acuerdo con información generada en visitas realizadas a los diferentes rellenos sanitarios al centro del país, del total de rellenos sanitarios existentes en toda la República Mexicana, únicamente los de Tlalnepantla de Baz -Estado de México- y Bordo Poniente, ubicado en la Zona Federal del ex lago de Texcoco, municipio de Netzahualcóyotl, cuentan además de lagunas de evaporación de lixiviados y sistemas de recirculación, con otros sistemas de tratamiento.

A continuación se presenta una descripción general del manejo de lixiviados en los sitios de disposición final de Bordo Poniente, Tlalnepantla de Baz y Tecámac, los cuales son considerados entre los rellenos que cumplen con la normatividad mexicana y que operan en la zona conurbada de la ciudad de México.

Manejo de lixiviados en el relleno sanitario de Bordo Poniente.

El relleno sanitario de Bordo Poniente recibe principalmente los residuos sólidos urbanos del Distrito Federal, como ya se dijo se ubica dentro de la zona federal del ex-lago de Texcoco, abarcando una superficie total de aproximadamente 1,999 hectárea (ha), mismas que se distribuyen en las cuatro etapas que lo integran de la siguiente manera: 75 ha de la etapa I, 80 ha de la etapa II, 104 ha de la etapa III, 472 ha de la etapa IV y 259 ha de áreas de amortiguamiento y equipamiento. De estas etapas constructivas, la más joven es la etapa IV (figura 1).

La primera etapa ya clausurada produce alrededor de 30 m³/día de lixiviados. Éstos líquidos son tratados

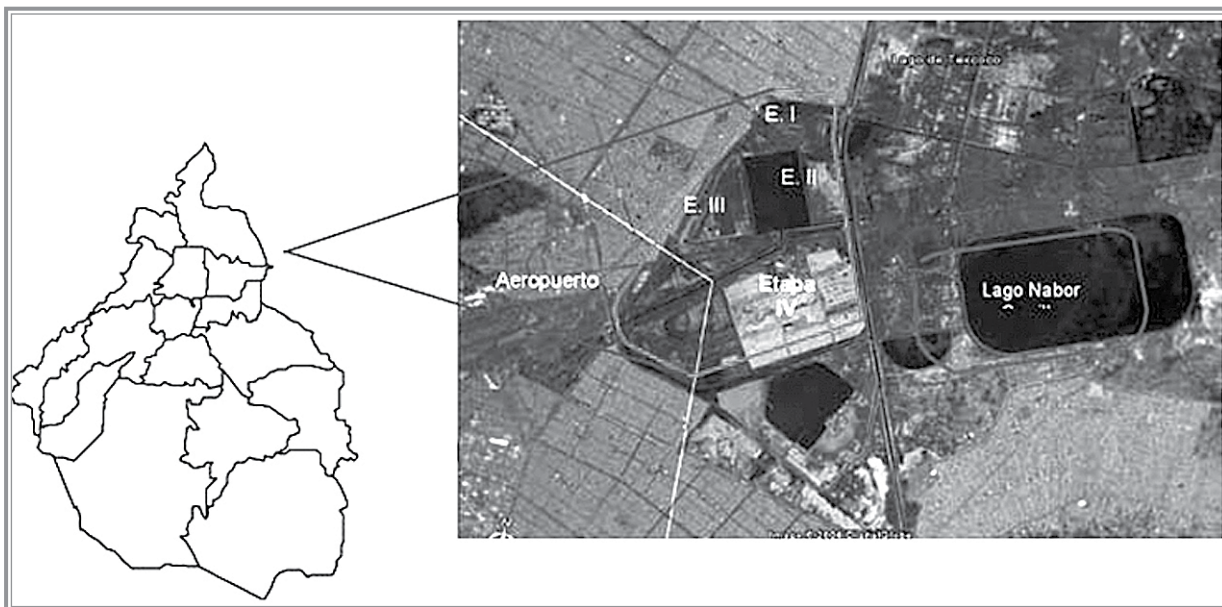


Figura 1 ■ | Ubicación geográfica de la etapa IV de Bordo Poniente en la ciudad de México.

a través de un proceso netamente fisicoquímico –coagulación/ floculación- en una planta que ocupa una superficie de 2100 m². La planta inició operaciones en el año de 1994, -fue la primera planta de tratamiento de lixiviados y la única existente en México hasta el año 2008- (Figura 2), con una capacidad de tratamiento de 3lps, tratando alrededor de 25 m³/día, con concentraciones promedio en el influente en DBO₅ y DQO de 675 y 3500 mg/L, respectivamente -resultados del año 2005- con un índice de biodegradabilidad de 0.19.

El horario de operación de la planta es desde las 9:00 hasta las 16:00 horas, obteniéndose alrededor de un 20% de lodos -4-5 m³/día- que después de ser centrifugados, se disponen en la cuarta etapa del relleno sanitario. El agua tratada es utilizada para el riego de caminos internos de la cuarta etapa del relleno sanitario, dando cumplimiento con la NOM-001-SEMARNAT-1996.

En la periferia del relleno sanitario, se construyó un sistema de cárcamos, de donde los lixiviados

son extraídos mediante camiones cisterna con motobombas y transportados en algunos casos hacia la laguna de lixiviados ubicada en la primera etapa o son recirculados al relleno sanitario, mediante fosas construidas para este fin, en la parte superior de las macroceldas.

Para el tratamiento de los lixiviados, en el proceso se emplean como coagulantes cloruro férrico (FeCl₃) y sulfato de aluminio (Al₂(SO₄)₃), para ello la planta cuenta con un área de almacenamiento de reactivos, donde se encuentran tanques de 15m³ para el alojamiento de ambos coagulantes -Figura 3-, uno más de 5-10m³ para almacenar hipoclorito de sodio (NaHClO). En el caso del hidróxido de sodio (NaOH), la planta cuenta con sacos de 25Kg.

El proceso de coagulación-floculación llevado a cabo en la Planta puede dividirse en 5 fases que a continuación se describen:

Primera fase. Se acondiciona el lixiviado con H₂SO₄ al 98% bajando el pH inicial de 7.3-7.9 a 4.0-

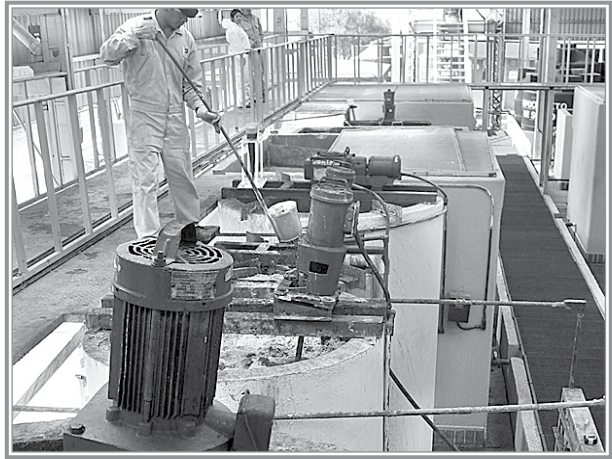


Figura 2 ■ Ubicación geográfica de la etapa IV de Bordo Poniente en la ciudad de México.

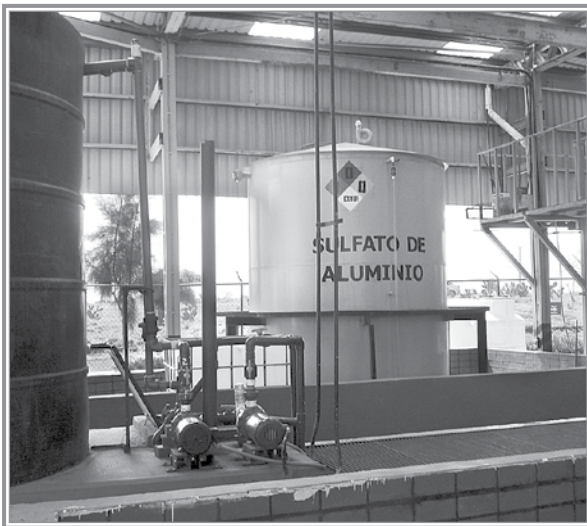


Figura 3 ■ Área de almacenamiento de reactivos químicos en la planta fisicoquímica.

4.5. La finalidad de esta etapa es favorecer una primera remoción de la materia orgánica además de cierta cantidad de carbonatos.

Segunda fase. El pH de la muestra ahora es subido a valores cercanos a la neutralidad, para luego llevar a cabo la mezcla rápida con la adición de los reactivos químicos $-FeCl_3$ y $Al_2(SO_4)_3$ -. Posteriormente se

efectúa la mezcla lenta para favorecer el proceso de floculación.

Tercera fase. Concluida la mezcla lenta, se realiza la primera sedimentación en un tanque provisto de mamparas -Figura 4-.

Cuarta fase. Se efectúa un proceso de oxidación química utilizando $NaHClO$, para remover los contaminantes que no hayan reaccionado durante el proceso de coagulación-floculación. En esta etapa de paso se remueven por oxidación las bacterias presentes.

Quinta fase. Se lleva a cabo un segundo proceso de neutralización para favorecer la sedimentación de los flóculos, durante la última etapa de sedimentación.

Actualmente opera la etapa IV del relleno sanitario de Bordo Poniente, donde se recibe en promedio alrededor de 13,400 ton/día (Secretaría del Medio Ambiente, 2009) de residuos sólidos urbanos provenientes del Distrito Federal principalmente. Referente al manejo que se le proporciona a los lixiviados en esta etapa, al igual que al resto de las zonas del relleno sanitario -excepto el de la primera etapa-, es a través de lagunas de evaporación y recirculación de los líquidos a las masas de basura. Considerando estos métodos, así como



Figura 4 ■ | Tanque sedimentador provisto de mamparas.

el control que actualmente se lleva a cabo y la infraestructura existente en el relleno sanitario de Bordo Poniente, se determinó que la opción más adecuada para el control de los lixiviados sea una combinación de los métodos de evaporación y recirculación.

Hasta Junio de 2008, se estaba probando el tratamiento de una fracción de los lixiviados a través de un sistema de ósmosis inversa -figura 5-, sin embargo, esta tecnología es muy cara con capacidades de tratamiento limitadas para los volúmenes de lixiviados que se generan en todo el relleno.

Manejo de lixiviados en Tlalnepantla de Baz

El RS de Tlalnepantla se encuentra pegado a un tiradero a cielo abierto ya clausurado y saneado, cuenta con 20 ha divididas en 4 celdas, lleva 12 años de

operación. El horario de servicio es desde las 6:00 hasta las 22:00 horas, recibe 800 ton/día de residuos sólidos domésticos principalmente de Tlalnepantla de Baz, y 250 ton/ día de residuos de particulares.

Hasta hace unos años, contaba con un serpentín de 6 km de longitud para acelerar la evaporación de los lixiviados; en la actualidad ya no se lleva a cabo dicha práctica, ahora cuenta con una laguna de evaporación de 5000 m³ y se tratan los lixiviados *in situ* mediante un sistema fisicoquímico con zeolitas, cuenta con filtros rociadores y filtros percoladores, el líquido que sale mediante este tratamiento cumple con la normatividad mexicana para riego agrícola (ver figuras 6 y 7).

Manejo de lixiviados en Tecámac, Estado de México

El RS de Tecámac se localiza sobre la carretera México-Pachuca, instalado en un área de 26 hectáreas de la colonia Santo Tomás Chiconautla -figura 8-, cuenta con una capacidad de tratamiento de 2.5-3 millones de toneladas.

Para el registro de los pesos de los vehículos, en el acceso el relleno sanitario cuenta con dos básculas de rodamiento de 100 ton c/u -Figura 8-, y tanto en esta área como en el frente de trabajo se cuenta con personal del Municipio y de Ecología Estatal que inspecciona las actividades y el tipo de residuos que se disponen.

El relleno cuenta de momento con dos celdas; la primera de 4.5 ha de superficie donde se depositaron aproximadamente 450 mil toneladas -figura 9-, y una segunda de 5 ha actualmente en operación, donde se reciben alrededor de 1200 ton/día -figura 10-, de las cuales 250 ton provienen del municipio de Tecámac y el resto de más de 200 clientes con que cuenta el Relleno. Hasta el año 2008, el costo por la disposición de tonelada de basura era de \$120.00 + IVA.

Para el manejo de los lixiviados, se cuenta con una laguna de evaporación -figura 11- y recirculación de los mismos a las masas de basura. Cabe hacer

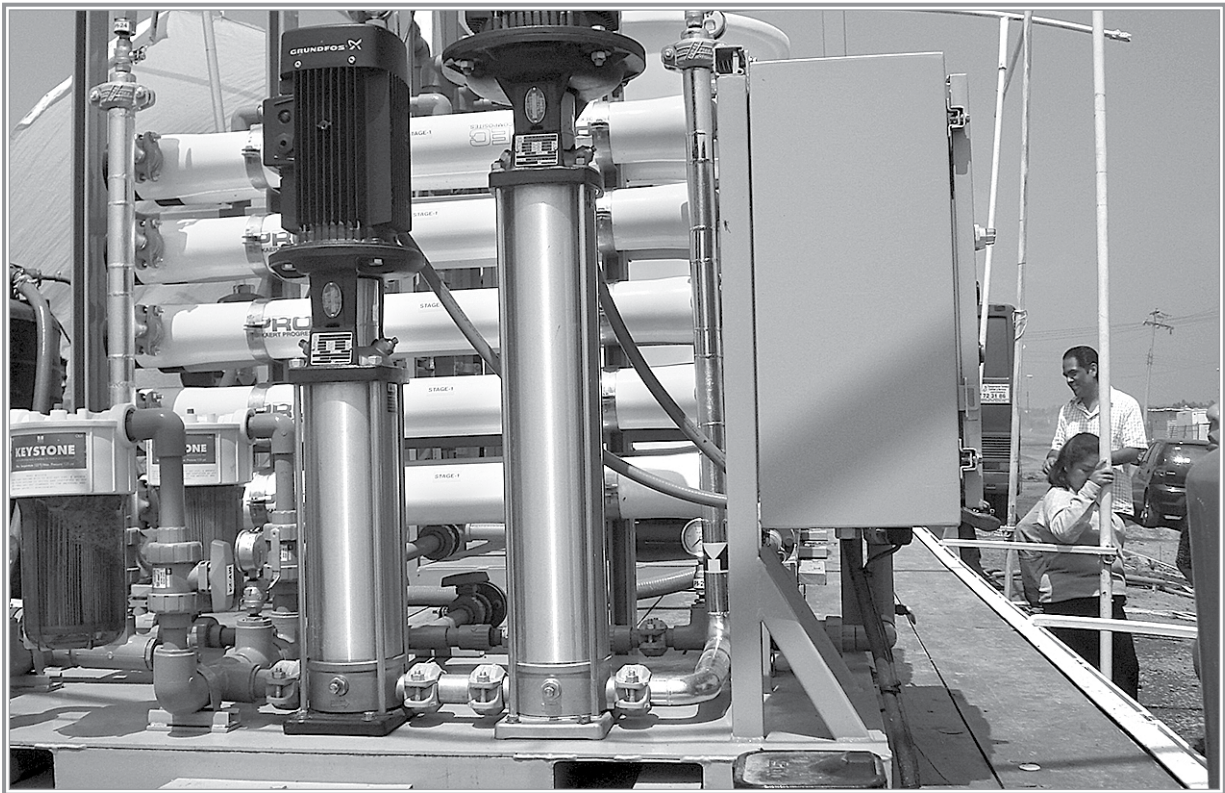


Figura 5 ■ | Planta de ósmosis inversa con una capacidad de tratamiento de 30 m³/día.



Figura 6 ■ | Entrada y laguna de evaporación del RS Tlalnepantla de Baz.



Figura 7 ■ | Planta de tratamientos de lixiviados del RS de Tlalnepantla.

mención, que al igual que sucede en la mayoría de rellenos sanitarios del territorio nacional, este relleno no observa un adecuado sistema de recirculación, y por lo mismo, carece de pozos construidos especialmente para la inyección de los lixiviados.

MANEJO DEL BIOGAS EN LOS RELLENOS SANITARIOS

Los rellenos sanitarios producen biogas -normalmente llamado biogas de relleno- mediante la descomposición de materiales orgánicos bajo condiciones anaeróbicas. El biogas de relleno está compuesto aproximadamente de 45-60 % de metano -CH₄- y 40-60% de bióxido de carbono -CO₂-, con 0.1-1.0% de oxígeno, 2-5% nitrógeno y vapor de agua, así como también pequeñas concentraciones de Compuestos Orgánicos Volátiles -COVs- y Contaminantes del aire dañinos -HAPs por sus siglas en inglés-. De los componentes del biogas, el metano y bióxido de carbono son considerados Gases de Efecto Invernadero -GEI-, los cuales contribuyen al calentamiento global del planeta. Sin embargo, el Panel Intergubernamental en Cambio Climático -IPCC, por sus siglas en inglés- no considera al dióxido de carbono un “biogénico” -producido por un proceso biológico- sino una parte del ciclo natural del carbono. El IPCC sólo considera el contenido



Figura 8 ■ | Localización geográfica y básculas de rodamiento en el acceso al relleno sanitario de Tecámac, Estado de México.

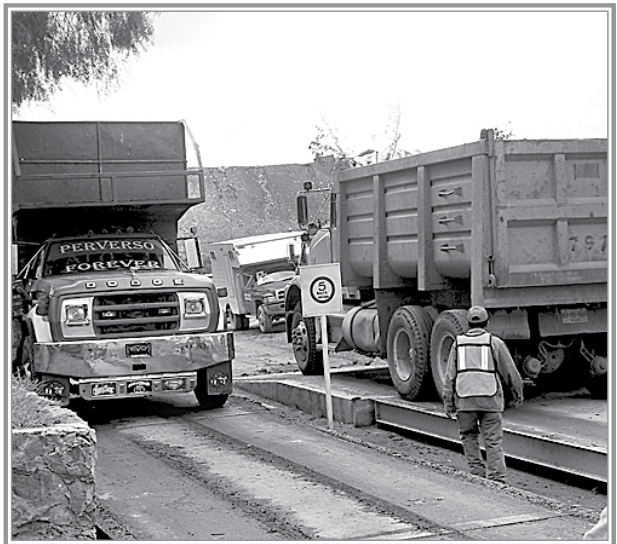




Figura 9 ■ | Talud concluido de celda 1 (lado izquierdo) y frente de trabajo en celda 2 (hacia el fondo).



Figura 10 ■ | Zona de traslape entre celda 1 y 2.

de metano para cálculos de emisiones a la atmósfera (Eastern Research Group, 2007).

El CH_4 es un GEI más potente que el CO_2 , con un potencial de calentamiento global 20 veces mayor al CO_2 (Eastern Research Group, 2007). Por tanto, la captura y combustión del CH_4 -transformándolo a CO_2 y agua- en quemadores y motores generadores u otro dispositivo, resulta en una reducción sustancial de emisiones de GEI, además de los beneficios adicionales por la combustión del biogas, y de mejorar la calidad del aire a través de la destrucción de HAPs y COVs.

Existen dos caminos naturales por los cuales el biogas puede dejar el relleno: por migración subterránea adyacente y por las chimeneas en el sistema de cobertura del relleno. En ambos casos, sin captura o control, el biogas tendrá como destino final a la atmósfera. Debe destacarse el hecho de que en cualquier sitio donde deje de disponerse basura, el biogas continuará generándose durante las siguientes 2 o 3 décadas, alcanzando su máxima producción, por lo general un año después de la clausura del sitio (Tchobanoglous *et al.*, 1994).

Un método común para controlar las emisiones de biogas, es instalar un sistema de recolección de extracción de los gases bajo la influencia de una peque-

ña aspiradora. Los sistemas de control de biogas deben estar equipados con dispositivos de combustión (u otros tratamientos) diseñados para destruir CH_4 , COVs y HAPs, antes de su emisión a la atmósfera.

Una buena calidad de biogas -alto contenido de metano con bajos niveles de oxígeno y nitrógeno- puede ser utilizada como fuente de energía para compensar el uso de combustible fósil convencional. El valor calorífico se extiende típicamente desde 15 hasta 18 Mega joule por m^3 , lo cual es aproximadamente la mitad de valor calorífico del gas natural. De esta manera, en cuanto a su uso potencial, el biogas generalmente caerá dentro de alguna de las siguientes categorías: generación eléctrica, uso directo para calefacción/combustible de caldera, mejorar a gas de alto BTU, además de otros usos tales como combustible para vehículos. En el cuadro 1 se presentan datos de la composición de biogas producido en diferentes rellenos sanitarios de México.

Los valores del cuadro reflejan una relativa uniformidad en los datos de metano -40–58% - y bióxido de carbono (37–58%).

En el año 2007 la LVI Legislatura del Estado de México, a través del comunicado de prensa número 0633, avaló una iniciativa mediante la cual el Ayun-

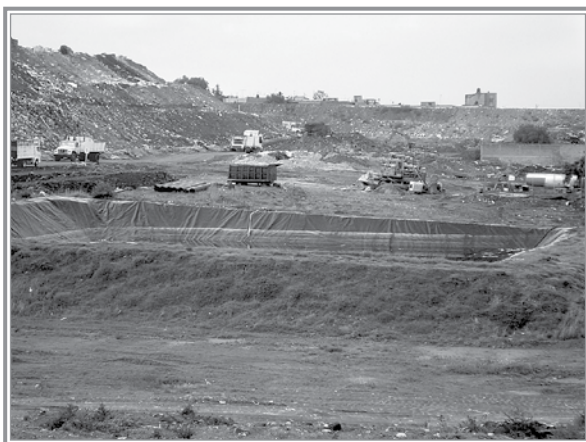


Figura 11 ■ | Laguna de evaporación del relleno sanitario de Tecámac, Estado de México.

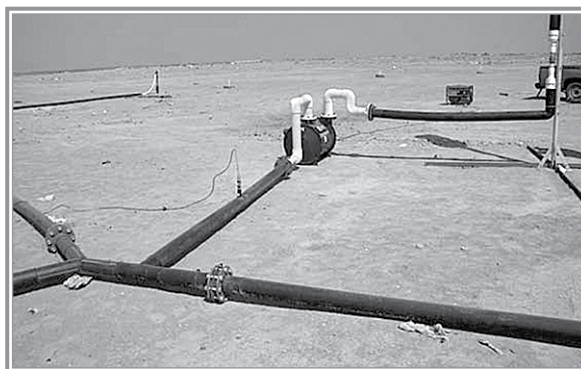


Figura 12 ■ | Sistema para realizar pruebas estáticas y dinámicas de producción de metano en la etapa IV de Bordo Pte, compuesto por tubería PEAD, soplador, planta eléctrica y base de quemador.

Sitio	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	N ₂ (%)
Prados de la Montaña	55.31	38.09	0.94	5.66
Santa Catarina	41.28	58.08	0.00	0.64
Tlalnepantla	57.41	40.95	0.23	1.40
Tepotztlán	52.99	38.91	0.70	7.40
Chimalhuacán	57.08	37.50	0.98	4.43
Querétaro	57.27	42.17	0.08	0.48
Puebla	59.13	37.54	0.83	2.50
Tehuacán	54.43	38.82	1.44	5.30
San Andrés Cholula	55.76	42.04	0.47	1.72
San Pedro Cholula	49.75	36.26	1.26	12.72
Huejotzingo	39.98	48.04	2.55	9.43
Jalapa	55.80	42.31	0.39	1.50
Poza Rica	54.62	42.09	0.70	2.60

Tabla 2 ■ Datos de composición promedio del biogas por sitio (Kiss *et al.*, 2007).

tamiento de Metepec podrá celebrar un contrato de concesión con la empresa Ecomethane, para la construcción y operación de un sistema de colección y aprovechamiento de biogas en el relleno sanitario Socavón.

Aprovechamiento del biogas para rellenos del centro del país

En cuanto al manejo de biogas en el relleno sanitario de Bordo Poniente, el cual se estima que emite al año aproximadamente un millón 200 mil toneladas de

bióxido de carbono equivalente en forma de metano a la atmósfera (SEMARNAT, 2008), de acuerdo con funcionarios de la Secretaría de Obras del Distrito Federal, se planea instalar dentro del relleno una planta productora de biogas, que sería destinado para uso doméstico e industrial. En la actualidad este relleno únicamente cuenta con pozos de venteo, y no existe aprovechamiento alguno del mismo.

La tecnología que se considera implementar, se está utilizando en diferentes ciudades alemanas como Wolfsburg, en la que, con capital privado y gubernamental se recupera un porcentaje de la basura producida en la ciudad, para pasarla al centro de reciclaje y producir biogas para uso doméstico. Con esta tecnología los desechos pasan por una banda en la que se separan orgánicos e inorgánicos; la basura biodegradable es colocada en una fosa, donde se cubre y se recupera el gas, a través de chimeneas para ser almacenado y finalmente se hace llegar a los consumidores (ver instalación figura 12).

Cabe destacar que los resultados muestran que es posible instalar y operar una planta generadora de electricidad de ciclo combinado con capacidad de 62.5 MW, con una generación anual promedio

de 500 millones de MWh durante los próximos 20 años. Se considera suministrar la energía generada en el proyecto de la cuarta etapa de Bordo Poniente de la siguiente forma: 50% para alumbrado público, 20% para el metro, 15% para el bombeo de aguas residuales y 15% para otros usos. Las tarifas promedio aplicadas a estos sectores y los bonos de carbono derivados de la mitigación de los efectos del metano, permiten asegurar la rentabilidad del proyecto (Arvizu, 2008).

Para no ir tan lejos el RS de Bordo debería tomar como modelo el RS de Salinas Victoria, Nuevo León, donde se deposita la basura de sitios conurbados a la ciudad de Monterrey. El cual es el primer proyecto de generación de electricidad con biogas de un RS en México y Latinoamérica, tiene una capacidad nominal de ocho MW y fue inaugurado en el año 2003.

El proyecto contó con el apoyo económico del fondo mundial para el medio ambiente -GEF, por sus siglas en inglés- gestionado a través del Banco Mundial. Se trata de un proyecto de abastecimiento eléctrico, donde el organismo operador del RS -SEMIPRODE- y la empresa Bioeléctrica de Monterrey -conformada por un consorcio mexicano-inglés cos-



Figura 13 ■ Quemadores de biogas instalados en el RS de Tlalnepantla de Baz.

tarricense- constituyó la sociedad de autogeneración junto con las empresas consumidoras de la energía, entre ellas la empresa de agua y drenaje de la ciudad de Monterrey. Este proyecto es un buen ejemplo de lo que se puede lograr en el país (Arvizu y Huacuz, 2008).

Manejo de biogas en el relleno sanitario de Tlalnepantla de Baz

En el RS de Tlalnepantla de Baz, actualmente el biogas sólo es quemado para evitar la migración del metano hacia la atmósfera -figura 13- y se monitorea con un equipo de campo LAND-TEC GEM 2000. En este sitio al igual que en Bordo Poniente se están haciendo estudios para hacer las instalaciones necesarias para producir energía eléctrica, ya esta el proyecto, se espera que quede concluido el próximo año.

Manejo de biogas en el relleno sanitario de Tecámac, Estado de México

En Tecámac con respecto al biogas, contrario a lo que se presenta en Bordo Poniente, en este relleno se encuentra instalado un sistema moderno de quemado -figura 14- que opera a temperaturas de 750-1200°C. Para ello cuenta con dos cabezales de 8 líneas c/u -figura 15-, donde se toman muestras para la calidad del biogas. Por esta actividad, al no emitir compuestos gaseosos que contribuyen con el calentamiento global del planeta, el relleno goza de los programas mundiales de bonos de carbono.

COMENTARIOS FINALES

En países desarrollados los lixiviados se someten a sistemas de tratamiento para la depuración de los mismos, contrario a las prácticas comunes a las que se recurre en países como el nuestro, en la que la “tecnología” empleada es a base de lagunas de evaporación y sistemas de recirculación -en plataformas de celdas-, que en su mayoría son deficientes y cuestionables por los problemas de salud que puede repre-

sentar para los trabajadores. Prácticamente, la forma de manejar los lixiviados en México, ha caído en desuso en aquellos países, donde la legislación dicta que los lixiviados, a pesar de su complejidad, sean vistos como un agua residual más que es necesario tratar.

Por otro lado, con las visitas realizadas a los rellenos sanitarios de Bordo Poniente, Tecámac y Tlalnepantla”, se constata la complejidad que envuelve la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, y más aún para el relleno sanitario de Bordo Poniente, donde se depositan diariamente arriba 13,400 ton/día, circulando 4 tráileres llenos de basura por minuto hacia el relleno, con una generación elevada de lixiviados y con solo una fracción de ellos tratados adecuadamente a través de una Planta fisicoquímica. Con esto queda claro, el gran campo por explorar en la búsqueda de tecnologías que hagan frente a la complejidad de estos líquidos.

En lo que toca al biogas, es claro entender que su manejo no es una tarea fácil de llevar a cabo, sin embargo, puede ser una fuente atractiva de generación de energía, por lo que es apropiado que en los rellenos de alto volumen de captación de residuos, puedan integrarse plantas para el aprovechamiento más que para el quemado de estos gases.

El agotamiento de los combustibles fósiles en México y en el mundo, ha conducido al estudio de otras alternativas para la generación de energía, tal es el caso del biogas de rellenos sanitarios, adicionalmente, con estas estrategias se puede impactar positivamente en el calentamiento global del planeta, con la disminución de gases que provocan el efecto invernadero.

Lamentablemente, excepto por el proyecto de la ciudad de Monterrey, el biogas producido en el país no se aprovecha, por lo que más de 40 toneladas equivalentes de CO₂ terminan incorporándose a la atmósfera con las implicaciones ambientales que conlleva.

Finalmente, el proyecto de aprovechamiento del biogas pensado para el relleno sanitario de Bordo



Figura 14 ■ | Sistema de quemado de biogas.



Figura 15 ■ | Sistema de conducción de biogás (cabezal con 8 líneas).

Poniente, es de inicio sumamente atractivos, sin embargo, dos factores lo convierten en un proyecto de alto riesgo; por un lado, se tiene una inversión muy elevada sin tener la seguridad de que el proyecto va a marchar; por otro, si el proyecto resultase, el sitio sobre el cual se asienta el relleno, es un terreno que se encuentra en una situación legal muy complicada donde convergen intereses políticos y sociales.

LITERATURA CITADA

ARVIZU FERNÁNDEZ, JOSÉ L., 2008. *Generación de electricidad con el biogas producido en el relleno sanitario de Bordo Poniente.* Boletín 042, Octubre – Diciembre 2008 (Breves técnicas). Instituto de Investigaciones Eléctricas.171 -172

ARVIZU, F.J.L., HUACUZ V. J.M., 2003. Biogas de rellenos sanitarios para producción de electricidad. *Boletín IIE.* 118-123.

CASTILLO, B., SALAZAR, G., MÉNDEZ, N., & SAURI, R., 2006. Remoción de metales pesados en el lixiviado de un relleno sanitario mediante un tratamiento fisicoquímico. *XV Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales.*

EASTERN RESEARCH GROUP, INC. Y CARBON TRADE, LTD, 2007. *Estudio de prefactibilidad de potencial del biogas, Relleno Pichacay, Cuenca, Ecuador.*

GÁBOR KISS, SERGIO FLORES, GUILLERMO ENCARNACIÓN Y GUSTAVO SOLÓRZANO, 2007. *Caracterización del Biogas generados en trece sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos en México.* Gaceta Ecología No 82. Instituto Nacional de Ecología, México.

GRAY, D., POLLARD, S., SPENCE, L., SMITH, & GRONOW, J., 2005. Spray irrigation of landfill leachate: Estimating potential exposures to workers and bystanders using a modified air box model and generalized source term. *Environmental Pollution* 133: 587-599.

INEGI, 2010. *Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. Relleno sanitario por entidad federativa.* 1 p.

LOPES, J., Y PERALTA, P., 2005. Use of advanced oxidation processes to improve the biodegradability of mature landfill leachates. *Journal of Hazardous Materials*. B123: 181-186.

LUNA, Y., OTAL, E., VILCHES, L., VALE, J., QUEROL, X., FERNÁNDEZ, C., 2007. Use of zeolitised cal fly ash for landfill leachate treatment: A pilot plant study. *Waste Management*. 27: 1877-1883.

Poder Legislativo del Estado de México, 2007. *Aprueban en Comisiones Aprovechamiento de biogas en relleno sanitario de Metepec.* Comunicado de prensa N° 0633.

RIVERA DE LA TORRE GABRIELA, SARMIENTO BLEICHER CONRADO, 2006. *Programa de pruebas de Campo para la utilización de Biogas del Relleno Sanitario Prado de La Montaña.*

ROJAS-VALENCIA, M. N., 2009. Manejo integral de residuos sólidos, impacto ambiental y costos. *Revista Ingeniería Civil. Organó Oficial del Colegio de Ingenieros Civiles de México.* No. 477 : 12-16.

Secretaría del Medio Ambiente, 2009. *Inventario de Residuos Sólidos del D.F.* Dirección General de Planeación y Coordinación de Políticas pág. 1-49.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2008. *La vida útil del relleno sanitario de Bordo Poniente ha concluido.* Comunicado de prensa Núm. 155/08

TCHOBANOGLOUS G., THEISEN H. & VIGIL S., 1994. *Gestión integral de residuos sólidos.* Ed. McGraw-Hill

WISZNIOWSKI, J., D . ROBERT, J. GORSKA, K. MIKSCH and J. WEBER, 2006. Landfill leachate treatment methods: A review. *Environ Chem Lett.* 4 (1): 51-61





NORMAS EDITORIALES DE LA REVISTA *LACANDONIA* Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Los trabajos que aquí se publican son inéditos, se relacionan con temas de actualidad e interés científico. Tendrán prioridad para su publicación, aquellos artículos generados por miembros de la comunidad de la unicach. Pueden ser artículos científicos, técnicos, ensayos o notas escritos en un lenguaje claro y accesible, en tercera persona, en español o inglés y que se ajusten a las siguientes Normas Editoriales:

El manuscrito será arbitrado por dos revisores especializados en el tema para su aceptación y publicación. El dictamen del Comité Editorial de esta Revista de Ciencias será inapelable.

Se entregará el original con dos copias, en papel tamaño carta, escrito a doble espacio y con un margen de 3 cm a cada lado y páginas numeradas y guardado en un CD.

Es responsabilidad del autor realizar las correcciones a que haya lugar después de la evaluación, para lo cual se le devolverá el manuscrito y el CD. La versión definitiva se entrega tanto en CD como impresa a más tardar 15 días hábiles de que haya sido devuelta.

El documento se captura en Word 6.0 para Windows 95 o posterior, con letra Times New Roman 12 y con el texto justificado. Los dibujos, figuras, mapas y cuadros se entregarán en CD o en original en tinta china; las fotografías, a color o en blanco y negro, en papel brillante y con alto contraste. Todos éstos, claros y pertinentes, con pie de figura y con el correspondiente señalamiento del sitio a donde irán insertados en el texto.

La extensión deseable de los trabajos será de 5 a 10 cuartillas, cuando sea necesario se podrán extender más.

El orden de las secciones para los manuscritos es:

TÍTULO
AUTOR(ES)
RESUMEN
INTRODUCCIÓN
METODOLOGÍA
RESULTADOS
CONCLUSIONES
LITERATURA CITADA

Título: corto e informativo de acuerdo con lo expresado en el texto.

Autores: nombre y apellidos, centro de trabajo, dirección, teléfono y fax y correo electrónico para facilitar la comunicación. El número de autores por artículo no debe pasar de seis.

Resumen: describe brevemente el diseño metodológico, los resultados y conclusiones del trabajo. Deberá acompañarse del mismo traducido de preferencia al inglés o a alguna otra lengua. Inmediatamente después del Resumen, se incluirán las Palabras Clave y también se traducirán al idioma en el que esté el Resumen en otra lengua.

Introducción, se presenta el tema enmarcando brevemente las cuestiones planteadas, justificación-razones

para exponerlas, objetivos e impacto social o científico del trabajo y el orden en que se desarrollarán las ideas. Se describe brevemente la metodología empleada.

Resultados o cuerpo del texto, desarrolla las ideas planteadas al inicio de manera organizada. Se recomienda utilizar subtítulos. Esta sección incluye el análisis y la discusión de las ideas.

Se concluye resaltando en pocas palabras el mensaje del artículo: qué se dijo, cuál es su valor, para terminar con lo que esta por hacer.

Las citas en el texto se escriben de acuerdo con los siguientes ejemplos: Rodríguez (1998) afirma..., Rodríguez y Aguilar (1998); Rodríguez *et al.* (1998) cuando sean tres o más autores; si sólo se menciona su estudio, escribir entre paréntesis el nombre y año de la publicación: (Rodríguez 1998) o (Rodríguez 1998:35).

Al finalizar el texto se describe la literatura citada en el texto, de acuerdo con los siguientes ejemplos, si se trata del artículo publicado en una revista, tanto el título como el volumen, número y páginas, deberán escribirse con negritas; en el caso de libros, el título de los mismos deberán ir en negritas, de acuerdo con los siguientes ejemplos.

Para un artículo:

VERDUGO-VALDEZ, A.G. y A. R. GONZÁLEZ-ESQUINCA, 2008. Taxonomía tradicional y molecular de especies y cepas de levaduras. *Lacandonia, Rev. Ciencias Unicach 2 (2): 139-142.*

Para un libro:

HÁGSATER, E., M.A. SOTO ARENAS, G.A. SALAZAR CH., R. JIMÉNEZ M., M.A. LÓPEZ R. Y R.L. DRESSLER, 2005. *Las orquídeas de México.* Edic. Productos Farmacéuticos, S.A. de C.V., 302 pp.

El material ilustrativo –dibujos y fotografías– deberán ser de calidad, es decir, deberán enviarse en el máximo formato que puedan capturarse; en el caso de los dibujos –figuras morfológicas, mapas y gráficas– deberán hacerse en tinta china y arreglados en láminas que permitan su adecuada reducción en la imprenta, así como el aprovechamiento del espacio; los números que contengan, deberán ser en *Letraset*, plantilla y Leroy y en tinta china. Las fotografías serán de preferencia en blanco y negro, pero también –si es necesario– podrán ser en color, bien contrastadas e impresas en papel brillante, o de preferencia digitalizadas. Todo el material gráfico deberá presentarse digitalizado en un CD, en una carpeta distinta a la del Texto y con los datos escritos sobre el mismo, del título del artículo, así como del (o los) autor(es).

En el caso de las Notas, no requieren de resumen ni de bibliografía, y si se hace alusión a alguna publicación, ésta deberá ser citada dentro del propio texto.

Los originales no serán devueltos.

Enviar sus contribuciones al Dr. Carlos R. Beutelspacher, editor de la revista *Lacandonia* de la Unicach. rommelbeu@hotmail.com



Rectoría

Ing. Roberto Domínguez Castellanos
Rector

Mtro. José Francisco Nigenda Pérez
Secretario General

C.P. Miriam Matilde Solís Domínguez
Auditora General

Lic. Adolfo Guerra Talayero
Abogado General

Mtro. Pascual Ramos García
Director de Planeación

Mtro. Florentino Pérez Pérez
Director Académico

Mtro. Jaime Antonio Guillén Albores
Director de Extensión Universitaria

Dr. Eduardo E. Espinosa Medinilla
Director de Investigación y Posgrado

C.P. Lic. Ricardo Cruz González
Director de Administración

L.R.P. Aurora Evangelina Serrano Roblero
Directora de Servicios Escolares

Mtra. Brenda María Villarreal Antelo
Directora de Tecnologías de Información

Lic. Noé Fernando Gutiérrez González
Director de Servicios de Información y Documentación

Dependencias de Educación Superior

C.D. Jaime Raúl Zebadúa Picone
Director de la Des de Odontología

Mtra. Érika Judith López Zúñiga
Directora de la Des de Nutrición

Mtro. Martín de Jesús Ovalle Sosa
Director de la Des de Psicología

Dra. Sandra Urania Moreno Andrade
Directora de la Des de Biología

Ing. Francisco Félix Domínguez Salazar
Director de la Des de Ingenierías

Mtro. Carlos Gutiérrez Alfonzo
Director de la Des del CESMECA

Mtro. Jesús Manuel Grajales Romero
Director de la Des de Oferta Regionalizada

Antrop. Julio Alberto Pimentel Tort
Director del Des de Artes

Lic. Diego Martín Gámez Espinosa
Coordinador del Centro de Lenguas



Producción Editorial
Universitaria 2010